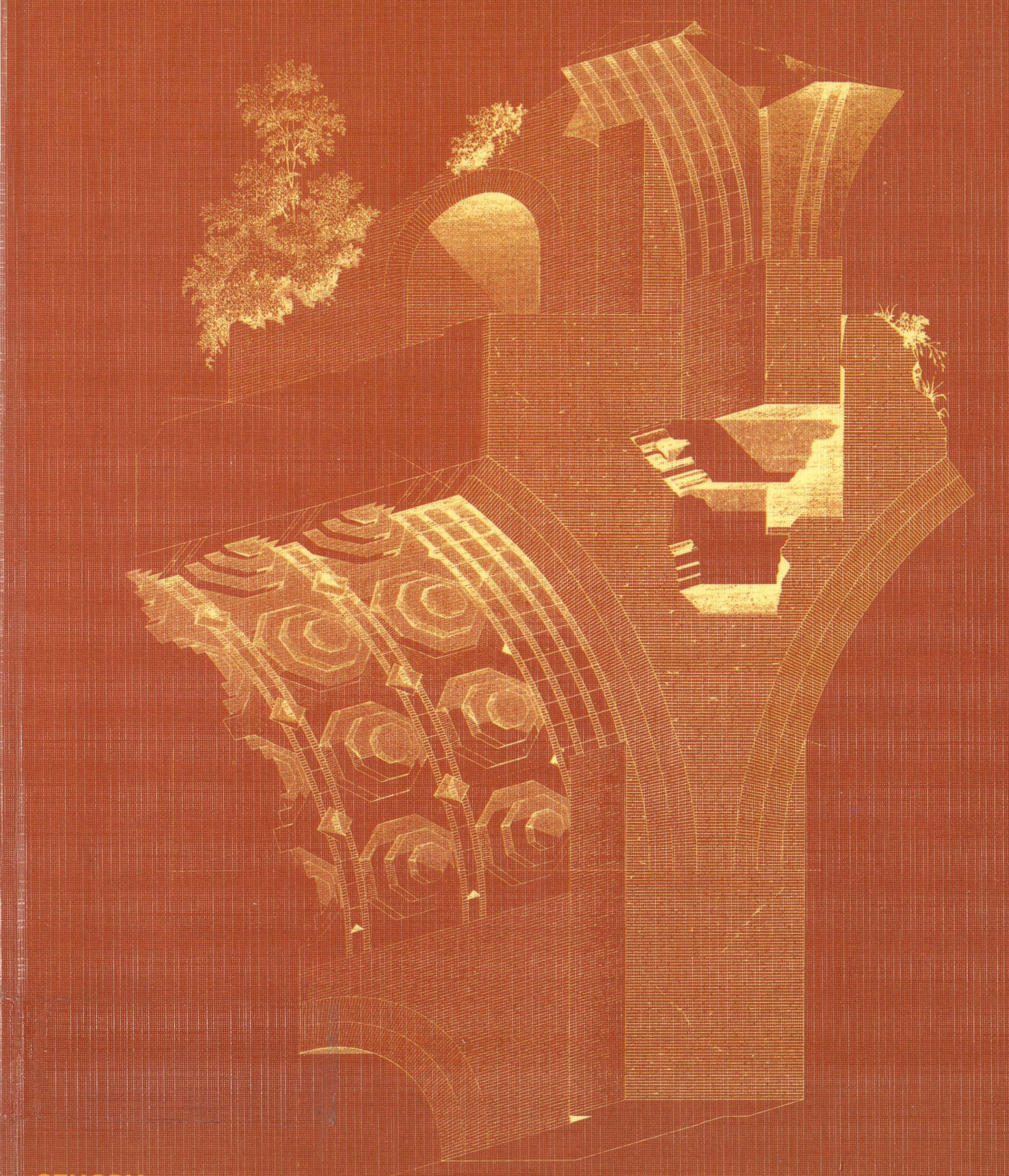
El arte de construir en Roma

Auguste Choisy



CEHOPU
CENTRO DE ESTUDIOS HISTÓRICOS
DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

Instituto Juan de Herrera
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE ARQUITECTURA DE MADRID

TEXTOS SOBRE TEORÍA E HISTORIA DE LAS CONSTRUCCIONES

Colección dirigida por Santiago Huerta Fernández

A. Choisy. **El arte de construir en Roma.**

A. Choisy. **El arte de construir en Bizancio.**

J. Heyman. **Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica.**

J. Heyman. **El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica**

S. Huerta. **Arcos, bóvedas y cúpulas.** (en preparación)

J. R. Perronet. **La construcción de puentes en el siglo XVIII.** (en preparación)

H. Straub. **Historia de la ingeniería de la construcción.** (en preparación)

E. Viollet-le-Duc. **La construcción medieval.**

El arte de construir en Roma

El arte de construir en Roma

Auguste Choisy

edición a cargo de:
Santiago Huerta Fernández
Francisco Javier Girón Sierra

traducción de:
Manuel Manzano-Monís López-Chicheri

ensayo introductorio y bibliografía de:
Enrique Rabasa Díaz

CEHOPU
Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo

CEDEX
Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
Ministerio de Fomento

Instituto Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Madrid

Edición y traducción íntegra de la edición original: Auguste Choisy. *L'art de bâtir chez les Romains*. Paris: Librairie générale de l'architecture et des travaux publics Ducher et Cie, 1873.

NIPO: 163-98-020-2
ISBN: 84-89977-67-4
Depósito Legal: M. 23.008-1999
Cubierta: Sección perspectiva de la basílica de Majencio por A. Choisy.
Fotocomposición e impresión:
EFCA

Índice

Prólogo

Los mejores preferían hacer a hablar.
SALUSTIO

Auguste Choisy realizó en los años 1866-67, recién terminada su carrera en la École des Ponts et Chaussées, un viaje de estudios a Italia. Con los datos recogidos escribe el presente libro (publicado en 1873). Un logro extraordinario para un joven ingeniero de menos de treinta años. Hoy se edita por primera vez en castellano porque sigue siendo una referencia indispensable para los interesados en la construcción romana y en la historia de la construcción en general.

Choisy manifiesta su insatisfacción por la falta de trabajos de este tipo: los edificios de Roma «se han estudiado muchas veces desde el punto de vista de la arquitectura, [pero] conocemos todavía de manera muy vaga sus procedimientos constructivos». Los estudios anteriores, dice, se quedan «en la superficie de los monumentos sin llegar a estudiar su esqueleto». (Transcurrido más de un siglo la situación no ha variado mucho.)

Se propone, pues, un nuevo enfoque y encara la tarea con modestia y rigor: «No he intentado reconstruir en su integridad un sistema de construcción ya desaparecido... Más que intentar una historia de la construcción antigua, me he ceñido a suministrar los documentos y datos precisos para esta historia».

La ausencia de estudios previos del mismo tipo y la escasez de las fuentes documentales le obliga a un estudio detenido de las ruinas romanas. Consciente de la amplitud del tema se centra principalmente en la construcción de bóvedas: «Me pareció que la historia de sus técnicas podía hacerse más fácil y clara si la vertebraba considerando la estrecha dependencia que existe entre las soluciones constructivas romanas y los principios que rigen la conformación de las bóvedas».

La elección no es arbitraria, la construcción romana de bóvedas de hormigón es uno de los hitos en la historia de las técnicas constructivas. Supuso una revolución no sólo en los métodos sino en la concepción espacial de la arquitectura romana. Para Giedion, es un fenómeno sólo comparable al surgimiento de la construcción gótica en el siglo XII y al de los rascacielos a finales del siglo XIX en América.

Pero Choisy no se conforma con establecer los hechos, con describir los procedimientos constructivos y sus consecuencias estructurales, también se pregunta por qué. Tarea difícil, pues, como dice Lynn White, uno de los grandes historiadores de la técnica, «la explicación histórica rara vez es como una bola de billar que golpea a otra, un sistema de 'causas' en un sentido limitado. Se trata más bien de un proceso de iluminación gradual de los hechos, de agrupamiento de otros hechos que, como lámparas, arrojan luz sobre el objeto de investigación... hasta que, finalmente, se vuelve inteligible».

Choisy busca la explicación en el carácter («l'esprit») romano. La capacidad organizadora, el sentido del deber y de la disciplina, y, sobre todo, la búsqueda incesante del ahorro en la mano de obra y en los medios auxiliares. Confiesa que, tratándose de la todopoderosa Roma, le costó «llegar a la conclusión de que el principio fundamental que regía las distintas disposiciones constructivas romanas era un exigente sentido del cálculo y la economía».

En resumidas cuentas, este libro es una lección de cómo hacer historia de la construcción, no sólo en cuanto al método y al contenido, sino también en cuanto a las cualidades morales de honestidad y rigor que deben rodear cualquier tarea de investigación.

Santiago Huerta Fernández

Madrid, abril de 1999 Fco. Javier Girón Sierra

NOTA EDITORIAL Y AGRADECIMIENTOS: El texto recoge en su integridad el original. Se ha eliminado la división en tres libros, algo artificiosa, y se han numerado secuencialmente los capítulos. También se han añadido pies a las figuras. En general, se ha tratado de dar un formato actual al libro. En cuanto a la traducción, hemos intentado que Choisy hable en castellano de finales del siglo XX. Agradecemos a Ricardo Aroca y Antonio de las Casas su paciencia por las innumerables dilaciones de un trabajo que se ha alargado durante más de cuatro años. La biblioteca de la ETSAM ha cedido el ejemplar original. Finalmente, agradecemos la ayuda de Gema López, que ha elaborado el detallado índice alfabético y nos ha asistido durante todo el proceso de edición.

Auguste Choisy: vida y obra

por Enrique Rabasa Díaz

Auguste Choisy era algo tímido y más bien feo; los ojos pequeños y juntos y, aunque esbelto, cargado de espalda por una vejez prematura.[1] Él mismo gustaba de bromear explicando que ya en vida podía ver su estatua en el centro de París, pues tal era el parecido que su perfil guardaba con el de una de las monstruosas gárgolas de Notre-Dame. Nada de esto le impidió ser un gran bailarín durante su juventud, conservar un carácter amable, o mantener hasta su muerte un cierto porte de dignidad militar.

De igual manera, la rígida formación técnica de sus primeros años o su condición de funcionario de carrera no le impedirían adquirir una fina y amplísima cultura, dominar varias lenguas vivas y muertas, viajar, y desarrollar una obra de capital importancia en la historia de la construcción y en la historia de la arquitectura.

Su vida

Sobre Choisy se ha escrito poco. De su personalidad se conocen sólo algunas impresiones de sus amigos; hijo único y soltero sin compromisos conocidos, dejó muy escasa correspondencia y ningún descendiente.

François-Auguste Choisy nació el 7 de febrero de 1841 en Vitry-le-François (Champaña). Su padre era arquitecto, y el joven Choisy, casi niño, tuvo así la oportunidad de encontrar en la biblioteca de su casa un breve estudio que le impresionaría especialmente y que se constituiría en la base de su forma de hacer como historiador. Se trata de la Memoria que el reverendo inglés Robert Willis publicó en 1842 sobre la construcción de las bóvedas góticas, y que sería inmediatamente

traducida al francés por César Daly y publicada en su *Révue générale d'architecture*.[2] No sabemos si Choisy leyó entonces esta traducción o el texto original, pero en cualquier caso entendió inmediatamente que la claridad de su lenguaje y de su expresión gráfica eran muy notables virtudes: «Así, me dije, es como hay que analizar las formas, así debe el dibujo expresar su estructura», explicaría unos cincuenta años después, al agradecer la concesión de la medalla de oro del Royal Institute of British Architects.[3]

Mostraba el joven Choisy gran habilidad con las matemáticas, y en aquella época eso solía ser aprovechado para el ingreso en la selectiva y rigurosa École Polytechnique. Tras dos años de preparación intensa entró en noviembre de 1861; permanecería allí otros dos años, para después continuar sus estudios en la École des Ponts et Chaussées. En ambos lugares se ocupaba de la enseñanza de la arquitectura Léonce Reynaud, ingeniero profesionalmente especializado en la construcción de faros y estaciones de ferrocarril, pero muy conocido por su *Traité d'architecture* (1850-58). Es ésta una extensa obra dividida en dos partes, composición y construcción, que, como solía ser habitual, expone la teoría entreverando comentarios históricos, y analizando edificaciones antiguas como ejemplificación de las disposiciones.

Reynaud advirtió desde el primer momento la capacidad y vocación de Choisy, y le apoyaría continuamente. Durante el periodo que Choisy pasó en la École Polytechnique encontraría también allí a Jules de la Gournerie, en aquél momento catedrático de geometría descriptiva,[4] e introductor en Francia de los estudios sobre la axonometría que venían desarrollándose en Inglaterra y especialmente en Alemania. Nada dicen acerca de él Choisy ni los escritos de quienes conocieron a Choisy personalmente, pero sería extraño que no hubiera influido de alguna manera en la conocida predilección de nuestro autor por este modo de representación.[5]

De la École des Ponts et Chaussées saldrá en junio de 1866, con el número dos de su promoción, habiendo ya tenido oportunidad de comenzar a estudiar el arte romano y el medieval en dos misiones de verano al valle del Ródano. Encontrándose en esa zona del Midi francés no pudo evitar la tentación de visitar brevemente Italia y Grecia, excursión a la que debemos su primer trabajo, *Note sur la courbure dissymétrique des degrés qui limitent au couchant de la plate-forme du Parthénon*, que el aún alumno de ingeniería leyó en la Academie des Inscriptions

et Belles-Lettres y en la Academie des Beaux-Arts en 1865. La curvatura de las grandes líneas del Partenón había sido descubierta por arquitectos alemanes e ingleses en 1836–38; en este artículo Choisy explica que la convexidad del entablamento afecta también a la plataforma sobre la que se apoya, y a su escalinata, y que esta curvatura tiene su punto más alto, no en coincidencia con el eje, sino desplazado hacia la izquierda, y muestra esta asimetría como el acuerdo perspectivo necesario entre ambas deformaciones para un observador que contemplara el conjunto desde ese lado, es decir, que llegara desde los Propíleos.

Premiado al finalizar sus estudios con una beca para viajar, tenía la intención de ir a Alemania en aquel 1866, pero la guerra entre Austria y Prusia le obligó a dirigirse a Italia. Éste sería el origen del texto sobre la construcción romana que se ofrece en el presente volumen. Visitó entonces también Sicilia, y otra vez Grecia; y aunque debía volver a Francia en julio de 1867, la École des Ponts, a propuesta de Reynaud, prolongó cuatro meses la estancia. Finalmente llegó con gran cantidad de notas y dibujos para el *Art de bâtir chez les Romains*. En Enero de 1868 se le destina a un probablemente aburrido puesto en el Canal de las Ardenas; y en septiembre de ese año una comisión examina la memoria que resume su trabajo sobre la construcción romana, con vistas a la financiación estatal de la publicación. La comisión, formada por Léonce Reynaud, Viollet-le-Duc, y el director de la École des Ponts, Onfroy de Bréville, aprobó la subvención de doscientos ejemplares. Pero la guerra franco-prusiana retrasó la edición hasta 1873.

Choisy participó en esta contienda de 1870 y fue encargado de la construcción de barracones provisionales al acabar las hostilidades, tarea que al parecer ejecutó con tanto entusiasmo y acierto que le fue concedida la Legión de Honor. También Viollet-le-Duc, a la sazón ocupado en la defensa de París, sirvió en el cuerpo de ingenieros durante este periodo bélico;[6] pero hemos visto que había ya una relación anterior.

En su libro sobre la construcción en Roma, Choisy se ocupa especialmente de la composición de las fábricas, y del papel que las cadenas o nervios de ladrillo embebidos en las bóvedas jugaban de cara a la economía de cimbras y la facilidad en la ejecución; también estudia con detalle la organización laboral que explica estos modos de hacer. La muy favorable impresión que produjo este trabajo le facilitó la concesión de otra ayuda para desarrollar un estudio semejante sobre la ar-

quitectura del Bajo Imperio. Así que en Julio de 1875 salió para recorrer Asia Menor y Oriente Próximo, regresando a comienzos de 1876. El primer resultado de este nuevo viaje es su narración de las anécdotas vividas, los paisajes y las costumbres observadas, en *L'Asie Mineure et les Turcs en 1875*; y el resultado que a la historia de la construcción interesa es *L'Art de bâtir chez les Byzantins*.

Choisy desea abandonar su trabajo en las Ardenas y dedicarse por entero a la investigación histórica, y consigue en 1876 su destino como profesor adjunto de historia de la arquitectura en la École des Ponts, para ayudar a Ferdinand de Dartein, sucesor de Reynaud. Para los alumnos, Dartein era «Dart», y el desconocido Choisy sería apodado entonces el «sous-Dart».[7] También será profesor del curso de arquitectura de la École Polytechnique desde 1881, sucediendo a Brune, y entre 1878 y 1892 enseñará paisajismo en la École d'Horticulture de Versalles.

Hasta 1901 se dedicará, pues, a la enseñanza y empleará esos más de veinte años en la redacción de su obra más difundida, la *Histoire de l'architecture* (1899).

Pero con su libro sobre la arquitectura bizantina habían comenzado las dificultades de publicación. Los editores no querían arriesgarse con un autor tan exigente en los detalles, y Choisy tuvo que correr con los gastos. Hubiera podido pedir ayuda a sus acomodados padres; pero prefirió obtener nuevos ingresos aceptando una misión de trabajo que tenía por objeto examinar las posibilidades de construcción de un ferrocarril que atravesara el Sahara. Consistía en concreto la misión en tomar, sobre el terreno argelino, toda clase de datos geográficos y cartográficos de las posibles rutas.

La caravana dirigida por Choisy estaba integrada por algunos técnicos y militares, sesenta hombres, ocho caballos y ciento diez camellos, y atravesó penosa y peligrosamente 1.250 kilómetros de desierto, en tres meses de 1880. En *Le Sahara, souvenirs d'une mission à Goléah*, se puede encontrar de nuevo un relato de las costumbres observadas y las impresiones del paisaje, como también anécdotas sobre las aventuras, que incluyen las persecuciones de algunas tribus; narra incluso los momentos de duda que se dieron cuando hubo de decidir entre el avance sobre el enemigo, que supondría su gloria personal y la consiguiente mención en los periódicos franceses, o la retirada, opción ésta última más sensata para quien tiene a su cargo mucha gente. Se decidió por la retirada, lo que nos permite continuar esta breve biografía.

La decisión sobre el ferrocarril transahariano no se tomaría nunca, pero el libro sobre la construcción bizantina, costeado con los ingresos de aquella aventura, se publicó en 1883. En él destaca la descripción de los procedimientos para las construcción de bóvedas sin cimbras, que al parecer en su momento resultó incluso escandalosa para algunas mentes convencionales[8] —hay que recordar que la ejecución de bóvedas de fábrica era entonces aún una práctica real y frecuente—.

Choisy ascendió de categoría en el cuerpo de ingenieros, y fue propuesto para algunos cargos importantes en relación con las colonias. Como consecuencia tuvo oportunidad de tomar decisiones acerca del diseño de construcciones rápidas para las zonas tropicales, donde se pretendía implantar viviendas, hospitales, prisiones, almacenes, etc.; con este fin desarrolló tipos, a medio camino entre lo que hoy llamaríamos bioclimático y una inteligente provisión de prefabricados. Utilizó para ello armaduras y otros elementos metálicos fáciles de montar, cubiertos con ladrillo de plano, con forjados elevados sobre el terreno, galerías exteriores y cámaras con circulación de aire, aislamiento adecuado en el techo y persianas en la cumbrera para la correcta ventilación de la cubierta, etc. Estas construcciones permanecerían mucho tiempo sin otro problema que la necesidad de suprimir los tabiques dobles, para evitar que en ellos se alojara toda clase de alimañas.

Choisy era cuidadoso y riguroso en todos los trabajos que emprendía. Probablemente su vida solitaria favoreció esta entrega al trabajo perfecto, que iría incrementando con el paso del tiempo. Se empleaba al parecer durante semanas en cualquier asunto complicado que lo exigiera, y no dudaba en utilizar todos los recursos necesarios, y por supuesto en partir siempre de las fuentes originales, por problemático que resultara. Si finalmente varios de sus textos dedicados a la historia de la construcción se muestran atractivos, se debe esto a la forma de su exposición, pero nunca a concesiones sobre el objetivo o el rigor —tanto en la *Histoire de l'architecture* y las obras generales como en temas más específicos—, ni a excursiones fuera de lo estrictamente científico. Cuando sintió la necesidad de emprender una investigación sobre ciertos textos griegos, hasta entonces no bien entendidos, que podían contener información acerca de los métodos constructivos, emprendió esta tarea con entusiasmo, y buscó el consejo del filólogo Émile Egger; pero muy probablemente añadió además un gran esfuerzo de estudio del griego clásico. Después de la misión africana sería ésta precisamente la segunda interrupción del largo trabajo de la *Histoire* de 1899. Entre 1883 y 1884 aparecieron

los *Études épigraphiques sur l'architecture grecque*, cuatro estudios muy especializados sobre los datos, más o menos interesantes, que revelan los presupuestos originales del Arsenal del Pireo (se contiene aquí el análisis de las proporciones utilizadas), los de la restauración de las murallas de Atenas, la contabilidad de unos trabajos para el Erecteion, y otros sobre el templo de Livadia.

Recibió diversos homenajes mucho antes de llegar al final de su vida, y continuó su ascenso oficial en el escalafón administrativo, hasta que con motivo de su jubilación se le concedió la categoría de Inspector General del cuerpo. No retrasó el retiro ni un sólo día más de lo necesario, para dedicarse ya por entero, a los sesenta años, a la investigación. Acababa de publicar, en 1899, la *Histoire de l'architecture*. Dividida en dos tomos, recoge con cuidado todo lo que pueda incluirse en las líneas de fuerza de la historia de la arquitectura, especialmente desde el punto de vista de su construcción; pero dedicando un espacio considerablemente mayor a la arquitectura griega y el gótico, que parecen protagonizar respectivamente cada uno de los dos volúmenes.

Los textos que había publicado sobre la construcción romana y bizantina eran parte de una trilogía sobre la antigüedad que el público esperaba se completara con otro dedicado a la construcción griega; lo cual, se pensaba, no exigiría mucho trabajo después de las diversas aportaciones que Choisy ya había hecho al tema.[9] Pero la tercera entrega de la serie que se ha llamado *L'Art de bâtir chez les anciennes* no trata la construcción griega, sino la egipcia.

L'Art de batîr chez les Égyptiens (1904), que requirió, naturalmente, otra prolongada estancia en ese país, desarrolla los procedimientos para el transporte y elevación de piedras que ya se habían adelantado en la *Histoire* —la hipótesis que propuso sobre la manera de levantar los obeliscos se vería confirmada en ulteriores excavaciones—;[10] desarrolla también las disposiciones constructivas, entre las que los contemporáneos se interesaron especialmente por la explicación de las curiosas hiladas curvas de algunos muros de adobe. (Es una de las ocasiones en que contradice a Viollet; éste había visto en tales hiladas curvas un aparejo antisísmico, mientras que Choisy, tras un análisis minucioso, lo presenta como una manera de evitar problemas de humedad.)

Pero su retiro se consagró casi enteramente a un minucioso y erudito despiece del texto de Vitruvio, una enorme obra de análisis y recomposición para la edición crítica, que no llegaría a ver publicada. Resbala al intentar subir a un ómnibus, y el

18 de Septiembre de 1909 muere a consecuencia de una embolia provocada por la caída. Su obra sobre Vitruvio, de la que había llegado a corregir las pruebas, se terminará de imprimir inmediatamente, organizada en cuatro tomos; el primero se dedica al «Análisis» del texto, cuyo contenido se explica y clasifica por temas; los II y III muestran el texto latino y en paralelo su traducción al francés —también añade otros escritos latinos relacionados—; y el cuarto, «Figuras», presenta 95 sabios y sintéticos dibujos, que se corresponden con las interpretaciones del «Análisis».

El contenido de su obra, Choisy y Viollet-le-Duc

Por la publicación que aquí se ofrece, fue llamado el *Colón* de la construcción romana.[11] Al decir de J.-P. Adam esta obra sigue siendo hoy irremplazable, tanto por la calidad de sus observaciones técnicas como por sus ilustraciones.[12] Este su primer libro es ya fruto de la observación perspicaz y la información original; requirió la interpretación de algunos pasajes de Vitruvio, que, como hemos visto, sería también el último tema de su vida.

Muchos habían observado los arcos embebidos en las bóvedas romanas, pero el análisis de Choisy desde el procedimiento de ejecución es novedoso; así como su explicación de los métodos para la construcción del relleno de hormigón romano, que antes se suponía semejante al hormigón homogéneo moderno, y que, descubre Choisy, se levantaba realmente por tongadas sucesivas de piedra y mortero, con diversas variantes. Aborda también la construcción en sillería y el diseño de las armaduras.

Asume casi enteramente las opiniones de Viollet sobre la construcción romana, como se puede comprobar de la comparación con el artículo «Construction» del *Dictionnaire raisonné de l'architecture française...*, publicado en el tomo IV, 1859, y por tanto anterior al trabajo de Choisy. En ambos encontramos un gran interés por destacar ideas como la separación de la estructura real y la decoración aparente en Roma, en contraste con lo que se da en la arquitectura griega; o la fuerte relación entre los procedimientos utilizados y la organización social del trabajo.

Pero los tomos del *Dictionnaire* de Viollet aparecieron sucesivamente, desde 1854 y hasta 1868, siendo esta última fecha la del que contiene el artículo «Voûte», que ofrece también algunos comentarios sobre los métodos romanos. Para en-

tonces Viollet ya conocía el borrador del *...chez les Romains* de Choisy —cuya aparición adelanta en una nota y cuya lectura recomienda, sin saber aún que tal publicación no podría ser inmediata—.[13] Cuando se publique por fin el libro de Choisy, en él se contendrán también notas referentes al artículo «Voûte» de Viollet;[14] así que ambos autores, curiosamente, han dado redacción final a sus trabajos desde el conocimiento del otro.

Este estudio sobre Roma dará lugar además a un artículo sobre la organización de la clase obrera (1872) y otro sobre el papel del arquitecto (1874).

El resto de las monografías, salvando el trabajo sobre la construcción bizantina ofrece temas muy especializados, que Choisy sintió requerían investigación, y que en algunos casos han quedado superados. Pero la *Histoire* ofrece algo más; dedicó a ella mucho tiempo, con la intención de transmitir una manera de entender la evolución de las formas.

En la *Histoire* es metódico en describir, para cada periodo histórico, la serie de los aspectos que lo justifican: el país, los recursos constructivos, las formas, las proporciones, los modelos, la evolución histórica. Y este orden que se repite, parece confirmar la repetición misma de desarrollos, apogeos y decadencias, como si los resultados fueran, con un criterio muy propio del XIX, ciegos, inevitables y ajenos a la voluntad humana. No es extraño que aproveche la sucesión evolutiva de formas del arte griego y el gótico para mostrar cadenas darwinianas que tienen como protagonista a la historia, y no al individuo. Se exponen así las familias de templos, unificadas por un mismo modo de representación. Por otra parte la dualidad conceptual que conforman los principios de la arquitectura griega y la gótica, responde a una tradición francesa,[15] y había sido subrayada también por Viollet desde el punto de vista constructivo, al contraponer la resistencia vertical del adintelamiento con el estudiado equilibrio de las bóvedas.[16]

Choisy describe. Pero su objetivo primordial es mostrar las causas que generan las formas, convencido de que siempre existen. Y presenta tales causas con habilidad, para después decir: «Planteado el problema, la solución era evidente».[17]

Pero a pesar de su determinismo arquitectónico, y de que en la *Histoire* es protagonista la construcción, Choisy no pretende simplemente que la forma arquitectónica responda siempre, de manera directa, a la solución constructiva, o que sea consecuencia inmediata del ensamblaje adoptado. Con frecuencia la tradición también es razón suficiente. Por ejemplo, al justificar su apoyo a la teoría que pre-

senta las formas dóricas como un derivado de la construcción en madera, emplea como argumento el muy incorrecto despiece de algunos templos arcaicos; en ellos indudablemente se busca un resultado formal a costa de una mejor o peor resolución del aparejo.

En consecuencia, la obsesión de Choisy no es tanto encontrar siempre la razón constructiva, sino simplemente la razón. Así, habla también de las proporciones y los trazados reguladores, preocupado ante todo por mostrar que no responden al capricho vagamente artístico, o al gusto; que no son arbitrarias, sino tan racionales y útiles como todo lo demás. Que están al servicio de la simplicidad, de una más fácil transmisión de las reglas de trazado, o al servicio de la armonía como derivado necesario de una sensación objetiva de orden.

La *Histoire* es, pues, realmente una historia de la arquitectura (en el sentido amplio que abarca toda clase de obras), y no sólo de sus problemas con los materiales; aunque una historia muy preocupada por la justificación positivista —incluso cuando con escrupulosa honestidad científica declara no tener explicación para algunas formas—.

Esta lógica le conduce a tratar con más torpeza todo aquello que responde a una decisión personal, como el Renacimiento; en consecuencia, prefiere el Renacimiento francés al italiano, pues el primero conserva lo mejor de la racionalidad formal y constructiva del gótico. La «architecture moderne» de esta *Histoire*, desde el siglo XVII, se dedicará casi exclusivamente a Francia. En cuanto a España cita algunos ejemplos platerescos, y, a pesar de su clara preferencia por la construcción en sillería, no menciona El Escorial sino muy tangencialmente;[18] de hecho todo el renacimiento no francés o italiano le ocupa sólo dos páginas.

Pero en aquello que trata, nunca es superficial. La vida de Choisy es, como hemos visto, el desarrollo de un trabajo enorme y minucioso, y es difícil saber si su gran erudición —amplios conocimientos sobre pintura, escultura, música, lenguas, etc.— es el origen de su habilidad para interpretar los datos, o es la consecuencia de un permanente interés por la construcción, que no dejaba de exigirle recursos. En cualquier caso hay en sus escritos un objetivo único, claro y explícito, lo que no es tan cierto en su maestro Viollet-le-Duc.

Viollet y Reynaud tenían opiniones enfrentadas, especialmente en cuanto a la arquitectura gótica. Reynaud, racionalista clásico, sostuvo en su *Traité d'architecture* que el recurso a los arbotantes y la debilidad general de las estrictas estructu-

ras góticas no eran deseables. Pero estas opiniones no influyeron en Choisy, que siguió estrechamente a Viollet en este tema. (Aunque naturalmente con los límites que le impusiera su rigor científico; por ejemplo, no dejará de criticar la célebre «cercha móvil» que Viollet propusiera, sin justificación alguna, como instrumento de uso habitual en la ejecución de las plementerías góticas.)[19]

Si en lo sustancial, y especialmente en lo que se refiere a la interpretación de la historia de la construcción, hay un casi perfecto acuerdo con Viollet, entre ambos personajes se da sin embargo una diferencia neta de orígenes, de cualidades y de intenciones, que alcanza también al modo de vida, al estilo literario y gráfico, e incluso al aspecto personal; diferencia que siempre parece contribuir al contraste entre un carácter más brillante y entusiasta en Viollet y más exacto, moderno y claro en Choisy.

Mientras las obras de Viollet pueden ser estudiadas, aprovechadas o entendidas, según las diversas y polémicas líneas que se cruzan en su persona, desde la actitud ante la restauración hasta las propuestas para la nueva arquitectura, desde la crítica social hasta la reforma de la enseñanza; mientras, podríamos decir, se puede jugar a la estructuración de sus ideas sin que nunca falte el material, en cambio Choisy se presenta casi siempre inseparable de su discurso inmediato. Si tiene algo que decir en cuanto a la actualidad de los procedimientos históricos, lo concentra y lo distingue de la investigación propiamente dicha, como en el prólogo y la conclusión de este *...chez les Romains*. No es casual que encontremos una enorme diferencia entre las fuentes secundarias que a uno y a otro se han dedicado; la figura de Choisy ha despertado mucho menos interés. Y a pesar de esto Choisy ejercerá también una enorme influencia en campos distintos al de la estricta historia de los sistemas constructivos.

Cuando Torres Balbás ha tenido que señalar los puntos débiles de las opiniones históricas de uno y otro, ha observado el romanticismo drástico y dramático de Viollet; pero en referencia a Choisy sólo ha podido aludir a la gran cantidad de descubrimientos arqueológicos posteriores que no llegó a conocer. Choisy, en efecto, salva los puntos de vista de su maestro evitando toda forma exaltada. Para ello presenta una historia igualmente racionalista, pero que aparece como exquisitamente científica y aséptica, y que sin embargo, o precisamente por ello, va a atraer a varias generaciones de arquitectos; entre los que estarán, como es sabido, los responsables de la puesta en marcha del movimiento moderno.

Como Viollet, Choisy pensaba que la nueva arquitectura, que cualquier arquitectura sana, debía responder al momento, a los materiales y a la organización social. Y especialmente que aprender del pasado no era reproducir su forma, sino entender sus principios. (Viollet, habiendo apoyado decididamente la construcción de la primera iglesia neogótica en París, la parroquia de Sainte Clotilde,[20] apartaría ese apoyo antes de que fuera terminada en 1857, por temor a que se interpretara que ese tipo de reproducción literal debía ser el camino.[21] Curiosamente esta misma iglesia celebrará los funerales por Choisy en 1909: es la que correspondía a su barrio, al piso de la céntrica rue Poitiers, el lugar donde residía y habitualmente elaboraba sus dibujos.)[22]

Naturalmente Choisy tenía opiniones sobre la práctica de su tiempo; por ejemplo, contrarias al *art nouveau*.[23] Y también propuestas para la nueva arquitectura: pensaba que debiera derivar de los nuevos materiales y especialmente del hierro —lo que por otra parte, hasta el desarrollo del hormigón armado, era la opinión más general—. Pero para encontrar estas opiniones en su obra hay que buscar. Quienes quieren destacarlas suelen citar los últimos párrafos de la *Histoire*, que son sólo las líneas finales de un total de más de 1300 páginas; o, como mencionábamos, las del libro que el lector tiene entre sus manos —donde advierte sobre la necesidad de pensar en el acuerdo entre la arquitectura y el sistema económico, y en consecuencia no empeñarse en edificaciones innecesariamente duraderas; reflexión que también es marginal en el desarrollo de este texto—. Si la influencia de Choisy ha sido muy importante, más que a la exposición de sus criterios acerca de la modernidad, se debe a su aplicación continua de la interpretación constructiva a una historia completa y coherente; o a la curiosa y llamativa limpieza de su expresión formal, por la escritura o el dibujo. Choisy propone una manera de pensar la arquitectura, y una manera de expresar ese pensamiento, especialmente en el discurso gráfico.

La obra de Choisy interesará a Auguste Perret, preocupado por el nuevo uso arquitectónico del hormigón armado; y a Le Corbusier. Varios dibujos de Choisy aparecen en *Vers une architecture* de Le Corbusier. Éste alude a Choisy cuando invoca los estudios de documentos conservados en «estelas, losas, piedras grabadas», junto al dibujo que reconstruye la fachada del Arsenal del Pireo, para justificar el empleo en épocas pasadas de trazados reguladores. Es claro que le interesaba especialmente el capítulo de la *Histoire* dedicado al *pintoresquismo* en la Acrópolis[24] y

la composición por equilibrio de masas. O que su paralelo entre la evolución del automóvil y la del templo griego, o su *promenade architecturale*, también tienen que ver con Choisy. «Lisez le Choisy», decía Le Corbusier a sus discípulos.

Por otra parte no es extraño que una historia que liga la arquitectura al momento y la situación, y que la entiende como un fenómeno social, interesara al movimiento moderno.

Es de suponer que muchos otros se quedaran sólo en los dibujos, pero en el caso de Choisy esto no es poco. Así habría ocurrido con el americano Louis Kahn, fascinado por el orden que manifiestan esas ilustraciones, si es cierto, como se ha dicho, que no leía el francés.[25]

La expresión y el dibujo

A lo largo de su obra es evidente la evolución de su lenguaje persiguiendo cada vez más concisión y claridad. Si este *...chez les Romains* aún contiene las normales digresiones, en la *Histoire* no hay ya nada que no sea indispensable; sólo limpios análisis, frases que parecen sentencias, todo lo más la exposición breve de varias alternativas de explicación; ninguna nota, sólo la esencia. El dedicado a la construcción egipcia provocó la protesta de su amigo y compañero Dartein, asombrado de que Choisy hubiera llevado aún más lejos su extrema concisión, «la *imperatoria brevitas* del estilo».[26] Pero nuestro autor siguió en su línea, pues también es muy limpiamente escueto en el *Vitruve*.

La elaboración de las ilustraciones en las obras de Choisy sigue un procedimiento trabajoso y organizado. Habitualmente dibujaba en grande, para reducir fotográficamente y de esas imágenes obtener los grabados (aunque en el *Vitruve* se hicieron fotograbados directamente del original). En *...chez les Egyptiens* consideró que debía incluir 48 fotografías de campo. No es extraño que quien era estricto en todo y no reparaba en medios, tuviera dificultades de financiación. Según Dartein, invirtió de su bolsillo en las publicaciones 90.000 francos de la época, que no llegaría a recuperar.

A pesar de la organización implacable, su peculiar dibujo es sin duda un aspecto muy meditado de sus obras, y no simplemente el resultado del trabajo sobre rígidas decisiones. Choisy elige con cuidado el modo de representar, y desarrolla

también sus criteros gráficos a lo largo de su vida. Una muestra del papel esencial que el dibujo juega en su obra es el hecho de que en la *Histoire* haya muy escasas referencias a otros autores, pero se anote sin embargo escrupulosamente la deuda o el origen de aquellas imágenes que no son del todo suyas —aunque los dibujos que copia son siempre reelaborados por él, a veces alterando notablemente el original—; esto se hace en el índice de cada tomo, que es por tanto un índice de temas indirecto, a través de las figuras, donde en vano buscará el lector los títulos de los parágrafos correspondientes.

El uso de la axonometría comienza ya en este *...chez les Romains*, donde permite explicar la forma volumétrica, circunstancia muy conveniente para la descripción de bóvedas, a la vez que se muestra así la planta cubierta por el abovedamiento y la disposición de los apoyos, y se consigue la unificación por la escala. La escala métrica es igual no sólo en los diversos dibujos, sino en las tres dimensiones representadas en un mismo dibujo.[27]

Las axonometrías de Choisy son la adopción de un sistema adecuado a sus fines, y un acertado modo descriptivo —dibuja en axonometría también en sus cuadernos de notas, que son ya realmente ejercicios de análisis—.[28] Pero también hay una decisión sobre la disposición concreta de cada una de estas representaciones, pensada y justificada.

Los comentarios de sus contemporáneos y las notas explicativas que añade a sus textos, muestran cómo las axonometrías de Choisy fueron una novedad.[29] Robert Willis había usado isometrías (Farish, también como Willis un pastor protestante y profesor de Cambridge, había teorizado este procedimiento gráfico en 1820), y ya hemos visto que lo adecuado de tales representaciónes no pasó inadvertido al joven Choisy. Por otra parte la perspectiva caballera era de larga tradición francesa, y usada en la representación de conjuntos y fortificaciones, y en las ilustraciones de nudos y cortes de carpintería y de cantería. Pero Choisy fue el primero en adoptar decididamente un empleo de las axonometrías que alcanza a la representación del espacio arquitectónico; escogió a veces esas caballeras de cuadro horizontal que llamamos militares, adoptando la vista desde abajo para mostrar la planta sin distorsión alguna; y a veces otras disposiciones de los ejes. Estos modos de representar son especialmente cómodos para el ejecutante y para el espectador, en especial porque no altera las medidas. Veremos sin embargo que pueden suscitar un problema geométrico muy complejo.

En todos los casos la práctica real es sencilla, y se limitaba a las aplicaciones marginales mencionadas, así que casi a mediados del siglo XIX no había aún un cuerpo completo de procedimientos para llevar a cabo operaciones espaciales en axonometría como se hacía en perspectiva cónica o en el sistema diédrico de Monge, ni se había extendido la teoría de la proyección axonométrica a todos los casos posibles. Choisy escoge con frecuencia axonometrías en las que las direcciones de los tres ejes dibujados forman ángulos iguales de 120 grados, y las tres escalas son iguales; este sistema, que solemos llamar isométrico, es, decíamos, el que había utilizado Willis,[30] y se puede imaginar fácilmente como la proyección ortogonal de un triedro coordenado. Pero en *...chez les Romains* en alguna ocasión no toma los ejes sobre el papel según direcciones que formen esos 120 grados, ni según una perspectiva caballera o militar, sino disponiendo, a conveniencia, dos ángulos iguales y uno distinto, o incluso los tres distintos entre sí; y entonces también sigue manteniendo las tres escalas iguales, en contra de lo que es habitual ahora. En contra de lo que resultaría si seguimos pensando que estamos haciendo una proyección ortogonal.

El resultado de esta decisión (la de tomar a conveniencia no sólo las tres direcciones de los ejes, sino también las tres escalas) es sin duda un modo de representación, porque nada impide obtener las imágenes, por ejemplo por las coordenadas de sus puntos. Y sin embargo ya no es evidente que se trate de una forma de *proyección*, es decir, ya no es geométricamente evidente que exista una manera de proyectar el objeto que dé ese resultado. Choisy debía de saberlo; o al menos podemos decir que si alguien en Francia lo sabía era precisamente su profesor Jules de la Gournerie, al tanto de los progresos en Alemania, según podemos comprobar en sus textos.[31]

Habida cuenta del carácter exageradamente riguroso en el análisis de todos los aspectos problemáticos de las cuestiones que se le presentaban, es difícil que Choisy no fuera consciente de la licencia que quizá se tomaba con algunas de las axonometrías. Y en efecto, aunque pueda parecernos un detalle irrelevante, él entendió que estaba obligado a advertir: «Los dibujos que siguen son, o proyecciones, o figuras obtenidas reduciendo en determinada proporción las líneas paralelas a los ejes graduados que a cada lámina acompañan...». En cualquier caso la teoría vendría a *legitimar* su procedimiento, pues los geómetras llegaron a demostrar —no sin dificultad, a pesar de la apariencia elemental de este tema— que los ejes y escalas adoptados en una libre disposición como esa son también siempre la proyección (aunque oblicua) de algún triedro coordenado raramente dispuesto en el espacio.[32]

Sabemos además que Choisy recomendaba el uso ocasional de estas particulares representaciones, de estas disposiciones libres que sin embargo mantienen siempre la capacidad de medir directamente sobre los ejes; porque esta facilidad le interesaba especialmente, por encima de las concesiones a una imagen más amable a la vista.[33] Ello no obstante su empleo se redujo en los siguientes trabajos, siguiendo la general simplificación de su obra. En *...chez les Byzantins* o la *Histoire* son isométricas ortogonales convencionales o bien caballeras, aunque siempre directamente mensurables, sin reducciones por escorzo de los ejes.

Los modos de representar se ven afectados por la costumbre y la tradición. Por poner un ejemplo, no sería fácil trabajar en proyecciones oblicuas como éstas del *...chez les Romains* con los programas infográficos que ahora usamos; incluso no todos estos programas contemplan el uso de la caballera; y esto es simplemente una elección del programador. La apariencia más o menos natural de las axonometrías de Choisy era también en buena medida una cuestión de hábito cultural. Aunque sus contemporáneos no lo reconocieron así.

Se solía razonar de forma muy diversa acerca del aspecto que ofrecen unas u otras axonometrías.[34] Jules Pillet, en su *Traité de Perspective linéaire* (1888),[35] dice haberse reconciliado con la *falsedad* de la caballera a la vista de los dibujos que Choisy preparaba entonces para su *Histoire*; y especifica que estos dibujos satisfacen porque la planta permanece en verdadera magnitud, y son las alturas lo que se reduce —esto último no es cierto—, tomando, añade, la apariencia de una sombra del objeto. Este tratado reproduce también uno de los dibujos de *...chez les Romains*, para ejemplificar la perspectiva isométrica; es el que muestra unos arranques de bóvedas de cañón en el Anfiteatro de Arlés.

Encontraremos el mismo dibujo de Choisy en un texto español dedicado a la axonometría, *Elementos de perspectiva axonométrica y perspectiva caballera* (1902), del arquitecto y catedrático catalán Antonio Rovira y Rabassa. En él hay otros tomados también de Pillet, de manera que no sería extraño que esta copia de *...chez les Romains* fuera indirecta. Este libro de Rovira añade además dibujos de la *Histoire* de Choisy, entonces muy recientemente publicada; y precisamente uno de los simplificados capiteles de Choisy ilustra la portada.[36]

A pesar de estas tempranas anotaciones de los teóricos, tal modo de representación seguía ligado a la descripción de aparejos, ensamblajes o muebles. El uso de la axonometría para la representación del espacio arquitectónico seguiría siendo

una curiosidad, y aún se consideraba así en 1923, cuando surgió en los dibujos del grupo neoplasticista De Stijl.[37]

En cuanto al grafismo, las representaciones de *...chez les Romains* no abstraen; descienden al detalle sin concesiones al ahorro de trabajo de construcción gráfica y de delineación; esto puede parecer contradictorio con la elección de extrañas distorsiones, de curiosas ternas de ejes, que harían pensar que se trata de imágenes muy poco preocupadas por el realismo figurativo, por el reflejo de la percepción. Y las sombras son siempre geométricamente impecables,[38] pero se diría que a veces no contribuyen como podrían a la naturalidad de la imagen. Es decir, estos minuciosos grabados ofrecen mucha información gráfica, pero no tanto porque le preocupe alcanzar un parecido fiel —o como diría un semiótico, un alto grado en la escala de iconicidad—, sino porque quiere evidenciar el orden de las cosas y mostrar todo lo posible. Por eso después podrá sin grave contradicción abandonar ese estilo gráfico muy elaborado, y mantener lo esencial del modo de representación.

En efecto, en paralelo a la simplificación del estilo literario, sus dibujos se harán cada vez más concisos; sin perder en precisión aparecerán más claros y eficaces. Mantendrá siempre ese empleo de las axonometrías como síntesis de planta, alzado y sección,[39] rayando las secciones y destacando en negro las plantas, y como método de unificación de los elementos de una serie. Aunque no dejará de utilizar en casos especiales otros sistemas de representación. Así, es fundamental en su análisis de la Acrópolis el uso de las perspectivas cónicas.

Estas perspectivas van acompañadas de la planta con la posición precisa del punto de vista.[40] Al explicar la distribución de los elementos según un equilibrio de masas, necesita mostrar el aspecto del paisaje para un espectador que sigue el recorrido habitual. Pero las perspectivas presentadas parecen ser un registro, un acta notarial, que responde a la situación del punto de vista, más que un intento de trasladar la percepción de un espectador. Si observamos algunos de los elementos extremos o laterales de estas perspectivas, comparando a la vez con su posición en la planta, comprobaremos que aparecen con un aspecto algo distorsionado o con una curiosa convergencia de líneas, como suele suceder cuando no se quiere limitar el campo de visión. Es un fenómeno muy estudiado de la perspectiva, habitualmente denominado *deformación marginal.* Y que tampoco podía desconocer Choisy, pues constituyó otro asunto de muy especial interés para Jules de la Gournerie;[41] de hecho, aquel joven Choisy estudioso del acuerdo perspectivo de las cur-

vaturas del Partenón acababa de adquirir un conocimiento crítico de la perspectiva por las clases que De la Gournerie daba en la École Polytechnique —por cierto, al parecer muy escuetamente, y confiando en la evidencia de las imágenes—.[42]

Naturalmente estas deformaciones sólo son indeseables si se busca una apariencia natural de los objetos, pero no si se pretende, como Choisy, levantar acta rigurosa del estado de situaciones relativas que corresponde a un punto de vista. Es un registro de lo que el espectador puede ver, pero, como diría Gombrich, no tanto a la manera en que lo ofrecería un espejo, sino como lo anotaría un mapa.[43] Incluso cuando alguna de las perspectivas transmite una percepción, como la que ilustra la visión real de las curvaturas del Partenón, o la que muestra la relación de las cariátides con su fondo, en cierto modo parecen más una demostración matemática que una ilustración del fenómeno.

Es decir, al igual que su objetivo es más explicar que narrar, las representaciones que emplea son más analíticas que figurativas. Y la misma intención que guía las decisiones geométricas le lleva a la simplificación progresiva del estilo gráfico, y la selección rigurosa de lo imprescindible, en un proceso que avanza hasta sus últimas obras. En su aplicación a la arquitectura esto supone un trabajo de selección, e implica una manera de interpretar la historia. Todos los objetos son depurados hasta quedar en lo que debemos considerar su esencia formal, que se convierte entonces en la explicación.

R. Middelton lo describe así: «Toda la arquitectura se vuelve *minimal art*. Si algún edificio no es susceptible de este tratamiento, es el edificio el culpable».[44] Estos dibujos recuerdan los de otro sorprendente simplificador del grafismo, aunque cuatrocientos años anterior, Jean Perelin le Viator, autor del primer tratado impreso sobre la perspectiva (1505).[45] En ambos se mantiene un difícil equilibrio que logra mantener el rigor métrico de una proyección correcta, y ofrecer a la vez el aspecto sencillo y sintético propio de un diagrama topológico. Los dibujos del *Vitruve* de Choisy son exactos como proyección, contienen el entusiasmo renacentista por la geometría sencilla y precisa, pero son a la vez tan modernos y eficaces como el plano del metro de Londres.

Añade también en ocasiones representaciones cartográficas muy correctas, para sobre ellas señalar las rutas y la evolución de los estilos.

Este pensamiento gráfico en torno a las proyecciones y los diagramas nace en un entorno adecuado. Ya hemos mencionado la importancia que para Choisy tuvo

su formación en la École Polytechnique, la fundada por el creador de la geometría descriptiva, Gaspard Monge, y donde tanto los discípulos de Monge como sus críticos desarrollarían la *ciencia del dibujo* en los más variados aspectos. También hemos mencionado la probable influencia de uno de estos críticos de la tradición mongiana, Jules de la Gournerie, que sabemos preocupado por la axonometría y por el estudio de los efectos extraños que los cambios de posición del espectador provocan en las perspectivas.[46] Hay más que añadir. Choisy fue también director del gabinete de planos y mapas en Ponts et Chaussées; y, a raíz de sus levantamientos topográficos saharianos, miembro de la Commissión Centrale des Travaux Géographiques. Al morir le sucedería en el gabinete de planos Maurice D'Ocagne, más tarde catedrático de geometría descriptiva de la École Polytechnique, y estudioso de la llamada *nomografía*, la ciencia de la representación gráfica de leyes o ecuaciones, desarrollada a partir de la idea de la representación del terreno mediante curvas de nivel. D'Ocagne se ocupó también de la teoría general de los instrumentos físicos que sirven al cálculo, en sentido amplio, desde los nomogramas o las reglas de cálculo[47] hasta los aparatos mecánicos; es decir, D'Ocagne era —entre otras cosas— un especialista en lo que hoy se llamaría la representación analógica. Choisy escribió sólo dos reseñas bibliográficas en su vida, una de ellas precisamente del excelente *Le calcul simplifié par les procedés mécaniques et graphiques* de Maurice D'Ocagne, libro que, desde nuestra perspectiva, representa en cierto modo el final de una historia de la ciencia gráfica aplicada a la operación sobre la representación, a las transformaciones geométricas, la estática y el cálculo gráfico, e inevitablemente relacionada con las operaciones del *art du trait* (la estereotomía), con las anamorfosis, y la proyectividad de Poncelet. Casi todo en torno a la École Polytechnique. Esta cientificación de lo gráfico no seguiría progresando después, en algunos aspectos porque ya era suficiente, y en otros porque quedó sustituida o desapareció su objeto; pero tuvo su edad de oro en el lugar y el momento que Choisy vivió. D'Ocagne publicaría en 1930 algunas páginas con una breve pero cariñosa nota biográfica sobre su amigo Choisy.[48]

Este entorno le permitió desarrollar el rigor que hemos comprobado le caracterizaba. Rigor que encauzó hacia la simplicidad, hacia la forma limpia de la expresión en textos y dibujos, de una manera que no era habitual entonces.

Choisy llevó toda su vida levita, cuando ya no se usaba, y corbata negra. Pero este anticuado Choisy, siempre viejo y encorvado, era un autor moderno.

El arte de construir en Roma

Introducción

Aunque los edificios de la antigüedad se han estudiado muchas veces desde el punto de vista de la arquitectura, conocemos todavía de manera muy vaga sus procedimientos constructivos. Los arquitectos volvieron a principios del siglo XV la vista hacia los restos de estos monumentos tanto tiempo olvidados para crear un arte nuevo que imitase los modelos clásicos. Para ello atendieron principalmente a las formas, proporciones y ornamentos que deseaban recrear, y esto dio a las investigaciones arqueológicas un impulso cuyo efecto se deja sentir todavía en nuestros días. Sus discípulos, siguiendo el camino ya iniciado, removieron el suelo de Grecia e Italia para proseguir en el empeño de restaurarla. Durante tres siglos enteros los descubrimientos se multiplicaron con gran rapidez sin que cambiase sustancialmente su orientación, deteniéndose en la superficie de los monumentos sin llegar a estudiar su esqueleto, progresando en el mejor conocimiento de la belleza externa de la arquitectura antigua.

A lo largo del tiempo se han ido ordenando los resultados de tantos trabajos, y se ha encontrado el lugar que corresponde a los distintos fragmentos dispersos, de modo que hoy día podemos, sin gran esfuerzo, imaginarnos cómo eran los monumentos de Roma y Atenas con todo el esplendor de su ornamentación original. Pero nos queda todavía por conocer, para completar la tarea, cómo era la estructura de estos edificios, cuyas formas han sido tan sabiamente interpretadas por nuestros antecesores. No cabe duda de que sus escritos arrojan alguna luz sobre los procedimientos de construcción, pero sus indicaciones son generalmente de-

masiado sumarias, casi siempre casuales, observaciones aisladas que no están trabadas por ninguna teoría. Lo disperso de estas observaciones, que despiertan nuestra curiosidad sin saciarla del todo, nos ha persuadido de la utilidad de emprender un estudio específico que reuniera y expusiera con mayor exactitud y extensión las reglas prácticas utilizadas por la antigüedad.

Una revisión semejante de los métodos de construcción antigua tiene un interés que va más allá del que se suele conceder a los estudios sobre los orígenes de las industrias humanas. En las ruinas apreciamos detalles que manifiestan una construcción ingeniosa y potente, decantación de una larga, laboriosa experiencia que ha cristalizado en monumentos capaces de superar la prueba del paso de los siglos. Al estudiarla, entrevemos también la naturaleza y extensión de los recursos utilizados por los pueblos de la antigüedad y el desarrollo alcanzado por las ciencias aplicadas en aquel entonces. En una palabra, la historia de los métodos constructivos de la antigüedad es un parte integral de la historia de los pueblos que nos han precedido, sobre la que, por más de un motivo, merece que detengamos nuestra atención.

En la memoria que sigue abordaré algunas de estas cuestiones, insistiendo particularmente en aquellas que se refieren al arte romano. En Grecia la construcción está tan ligada a la arquitectura que resulta difícil aislarla para considerarla de manera separada. Esto es algo que no ocurre en los monumentos romanos. El carácter eminentemente práctico de sus autores hizo que se preocupasen más bien poco de las delicadezas formales, centrando su atención en la disposición de las plantas y los métodos de ejecución. A diferencia de los griegos, que consideraban la arquitectura como un todo indisoluble, los romanos establecían una nítida separación entre la estructura, que sabían manejar magistralmente, y la decoración, por la que sentían una desdeñosa indiferencia. Dicotomía que trataron de un modo verdaderamente romano, encargándose exclusivamente de la construcción y las disposiciones en planta, y dejando para otros la ornamentación de los edificios.

Se ha celebrado a menudo cómo su carácter, sus necesidades, sus costumbres, pueden leerse en la composición de sus grandes obras. Podemos esperar que la huella de su genio organizador, del empleo de procedimientos insólitos en relación con la naturaleza de sus recursos, se encuentre también en el menos conocido arte de construir.

En efecto, las ruinas de los monumentos que se remontan a los mejores épocas

del arte romano nos muestran disposiciones constructivas originales difíciles de encontrar, siquiera esbozadas, en edificios de otros periodos. Si observamos una de esas bóvedas cuya presencia marca la extensión del imperio romano, nos sorprenderán las profundas diferencias que existen también entre los métodos antiguos y los nuestros. En particular, encontramos con frecuencia arcos embebidos en los hormigones que forman cadenas de sostén de formas inusitadas. La ruina de los edificios ha puesto al descubierto parcialmente diversas variantes, desfiguradas e incompletas, de estas armaduras que estaban escondidas en los macizos o tras los enlucidos. ¿Qué función tenían estos curiosos restos? ¿Para qué servían esos grandes arcos de tosca construcción embebidos en los rellenos de las bóvedas, esas retículas de ladrillo que a menudo tapizan las superficies? ¿Con qué reglas y qué intención se combinaban los elementos de este esqueleto embutido en los hormigones, siempre ligero, construido con poco coste, con prisa, sin precisión? Aunque en nuestra forma de construir no encontremos nada semejante, su empleo general hace pensar que estas obras auxiliares jugaban un papel capital en la economía de los edificios romanos. Indudablemente no podían servir de ornamentación, ya que eran demasiado irregulares y se construyeron con demasiada precipitación como para quedar vistas. Constituían en realidad una especie de armazón oculto en el que las ideas prácticas se manifestaban más sincera y libremente al no haber ninguna exigencia arquitectónica que interfiriese en su expresión. Podría decirse que las reglas del arte de construir están escritas en estas obras singulares. Tan es así, que de haber tenido que elegir algún elemento que caracterizase los métodos de construcción romanos, no habría dudado en señalar como lo más característico estas armaduras de sostén de las bóvedas.

Estas ideas me asaltaron el día que por primera vez me encontré delante de los restos de la antigua Roma y han sido desde entonces el punto de partida de mis investigaciones sobre sus monumentos. Me pareció que la historia de sus técnicas podía hacerse más fácil y clara si la vertebraba considerando la estrecha dependencia que existe entre las soluciones de construcción romana y los principios que rigen la conformación de las bóvedas. Desde este punto de vista y gracias a una serie de viajes que la administración de Ponts et Chaussées ha tenido a bien encomendarme, he intentado reunir la información básica que ilumine los problemas técnicos que nos plantean los monumentos del arte romano.

En esta investigación he contado con la guía y el apoyo de un maestro que aúna

la ciencia del ingeniero con el talento del arquitecto. Los resultados de este estudio son los que hoy publico. No he intentado reconstruir en su integridad un sistema de construcción ya desaparecido. Sólo expondré algunos aspectos imperfectamente descritos hasta el momento y daré cuenta de los procedimientos que he podido interpretar con claridad, limitándome cuando no los he podido comprender a hacer mención de ellos.

A decir verdad, más que intentar una historia de la construcción antigua, me he ceñido a suministrar los documentos y datos precisos para esta historia. En una materia en la que hacer afirmaciones es a menudo un asunto delicado y difícil, he debido ponerme en guardia ante los informes y documentos de origen dudoso que pueden confundir el juicio crítico. Por ello me he impuesto como condición no mencionar nada cuya exactitud no haya contrastado personalmente, indicando en su caso de manera formal la fuente. Cuando he tenido que completar los resultados probados con restituciones hipotéticas, siempre he aclarado con precisión el punto donde cesa la observación y comienza la hipótesis.

En cuanto a las explicaciones teóricas, me hubiera gustado rodearme de las mismas garantías, poder obligarme a no hacer ninguna afirmación que no hubiese confirmado por testimonios escritos de la antigüedad, pero esta verificación no ha sido siempre posible. La guía que debería asegurar mi marcha, el autor del único tratado de construcción antigua que nos queda, me ha fallado a menudo. En efecto, Vitruvio sólo habla de las bóvedas de manera incidental y en forma demasiado vaga para cubrir un tema tan importante. Es lógico, ya que no hay ninguna bóveda de hormigón de gran luz (como las que más tarde serían tan habituales), que pueda atribuirse con certeza a una época anterior a la suya. Las colosales empresas que nos traen a la memoria los nombres de Augusto y Agripa, y que marcarían el nacimiento de una nueva era de la arquitectura romana, sólo las podría haber conocido como mucho al final de su vida. Vitruvio no participó en la magnífica expansión que se produjo con las termas de Agripa y el Panteón de Roma; su libro, obra de vejez, no nos ofrece un panorama de las innovaciones de su época coetánea sino más bien un recuerdo de los procedimientos en uso en los últimos tiempos de la República, una especie de recopilación de los métodos que había aplicado a lo largo de su carrera.

El resto de los escritores de la antigüedad no tratan la construcción con suficiente detalle como para poder extraer datos verdaderamente útiles. Plinio se dedica sobre todo a observaciones especulativas, no tanto a los métodos seguidos en el

empleo de los materiales, como a su historia natural. Frontino menciona con frecuencia construcciones abovedadas levantadas ante sus ojos o bajo su dirección, pero considera la construcción más desde la perspectiva del administrador que de la del arquitecto, sin entrar nunca a describir los procedimientos. Han llegado también hasta nosotros algunos escritos sobre la agricultura romana o sobre el arte militar en los que podemos encontrar breves descripciones de algunos sistemas de trabajo, pero éstos son demasiado concretos y específicos como para poder arrojar alguna luz sobre los principios generales de la práctica arquitectónica. Además las escasas alusiones a los procedimientos ordinarios son muy oscuras, muchas ininteligibles si no fuera por las ruinas que hacen las veces de comentario.

El silencio casi absoluto de los autores me obligaba necesariamente a partir de interpretaciones de los hechos observados. Afortunadamente la gran verosimilitud de las hipótesis explicativas, y la gran claridad de las construcciones romanas me ha permitido suplir en cierta medida estas lagunas, llegando a la conclusión de que el principio fundamental que regía las distintas disposiciones constructivas de la antigüedad era un exigente sentido del cálculo y la economía. Esta conjetura, que en principio aventuré con recelo al tratarse nada menos que de los monumentos de la todopoderosa Roma, tomaría al concluir mis estudios el cariz de una conclusión inevitable a la que había llegado a pesar mío.

Desde ese momento me di cuenta de lo frecuente que es considerar alegremente que las riquezas inmensas que poseían los romanos les llevaban a no tener nunca en cuenta los medios materiales y a desdeñar sin escrúpulos procedimientos a los que hoy nos vemos forzados a recurrir por la escasez de nuestros recursos. Sin embargo, el genio de los romanos siempre supo conciliar la pasión por las grandes empresas con la economía; el tamaño con la elaboración de métodos de fácil ejecución. A medida que observaba más de cerca los restos de sus monumentos, más imposible me parecía seguir ignorando la multitud de procedimientos que trataban de reducir o al menos simplificar la mano de obra. Los arquitectos daban a sus concepciones una majestad y duración acordes con el poderío del pueblo romano, pero al mismo tiempo querían a todas luces que el ahorro guiase la ejecución de todos los elementos; aspiraban a conseguir mediante procedimientos sencillos una solidez perfecta y una grandeza incomparable.

Fui viendo que el estudio de la construcción romana podía tener un alcance práctico que nunca había imaginado al iniciar mis estudios; tal vez podríamos re-

cuperar con provecho algunos de los procedimientos empleados por los romanos para una mejor economía de la construcción. Si todos los días usamos sus elementos decorativos, parece lógico pensar que también podemos aprender algo de su forma de construir. Un conocimiento más completo de la historia de sus edificios podría ser útil tanto para la Arquitectura como para el arte de construir. Debemos advertir no obstante antes de imitar sus métodos, que los quince siglos que nos separan de ellos marcan notables diferencias en lo tocante a la manera de disponer de los recursos materiales y humanos.

No nos referimos sólo al hecho de que utilizasen esclavos. Hay que tener en cuenta que ordinariamente, sobre todo en las provincias, se valían también como potente fuerza de trabajo de la propia población a la que se la obligaba a participar bajo la forma de tributo en la construcción de edificios públicos, lo que facilitaba un reclutamiento ilimitado de mano de obra. Pero estos obreros improvisados, arrancados de sus ocupaciones habituales se encontraban por lo general mal preparados para su nuevo oficio. Aunque los romanos no fueran proclives a ahorrarles esfuerzos, debían adecuar las tareas a su inexperiencia, había que buscar procedimientos que exigieran esfuerzos puramente físicos y reducir en lo posible las tareas que requiriesen inteligencia o habilidad.

Estos sistemas, gracias al progreso de nuestras instituciones, serían impensables hoy día. Sin embargo no todos sus métodos tienen ese carácter excepcional, propio de un régimen social que hace ya tiempo dejó de oprimir al mundo. Así, junto a procedimientos del tiempo de los césares cuyo estudio tiene un interés meramente histórico, encontramos otros que bien podrían aplicarse en la actualidad. Citemos por ejemplo aquellos que perseguían simplificar las obras auxiliares: las cimbras, los andamios, o cualquier otro tipo de obras accesorias, que suelen entorpecer e incrementar el coste de los trabajos. Al carácter romano le repugnaba cualquier método complicado o indirecto; podían permitirse no escatimar los esfuerzos materiales en la construcción de partes permanentes, pero en las obras provisionales trataban de reducirlos al mínimo. Su regla era la utilización más simple de los recursos a emplear en los trabajos permanentes. Esta regla tan sencilla nos permite entender la mayor parte de los procedimientos del arte de construir en Roma de los que vamos a tratar.

Así, en las antiguas tradiciones constructivas encontramos al lado de métodos cuya recuperación nos pondría en profundo desacuerdo con el régimen económico

de nuestro tiempo, otros de carácter general que no debemos considerar que cubrieran sólo las necesidades de los pueblos de la antigüedad y que podemos ensayar en nuevas aplicaciones. Al intentarlo debemos tener en cuenta que son pocos los principios generales de la construcción romana, y que los métodos que deduzcamos deberán sufrir modificaciones más o menos profundas para adaptarlos a nuestras necesidades. Pero su estudio, incluso cuando esta recuperación no es siempre posible, no dejará de ser provechoso. Limitarse al aspecto formal de los monumentos romanos es conocerlos sólo en parte. Su descripción desde un punto de vista constructivo ayudará a llenar las lagunas de una parte de la historia de la arquitectura justamente célebre.

1

Modos de ejecución de los hormigones romanos

La arquitectura romana careció durante siglos de métodos constructivos propios. Sus grandes edificaciones se asemejaban en todo a las construcciones etruscas. De hecho, los primeros monumentos romanos estaban formados por un sólido aparejo de enormes bloques de piedra, labrados o en bruto, y sentados en seco, se construyeron bajo la dirección, quizá incluso por las manos, de artesanos etruscos. Más tarde, Roma se libera de la tutela de Etruria y pasa a la de Grecia: su pesada arquitectura modificó entonces sus formas pero permaneció fiel a sus orígenes y durante toda la República, hasta el siglo I a. C., dominó la construcción a base de grandes bloques aparejados en seco.

Esta forma de construir, que en cada piedra manifiesta la superación de una dificultad, expresaba mejor que ninguna otra el poder romano; no podía, por tanto, caer en desuso cuando Roma alcanzó la cima de su grandeza.

Los arquitectos romanos nunca olvidaron las tradiciones etruscas: las columnas de granito de los monumentos del imperio; los machones monolíticos que, grandes y pesados como obeliscos egipcios, reciben los arranques de las bóvedas; los grandes sillares de roca labrada que rodean los anfiteatros; los ricos revestimientos de los edificios del bajo imperio; todas estas construcciones, pese a la diferencia de estilos, prueban la permanencia de la tradición etrusca.

No obstante, estos casos son excepcionales. Los romanos, guiados por su espíritu práctico y un gusto innato por la sencillez, intentaron aprovechar mejor sus recursos. Así, en vez de construir sus monumentos con grandes bloques trabajosamente aparejados, inventaron la construcción a base de pequeños materiales fragmentados aglomerados con mortero. Esta nueva forma de construir, menos costosa, abrió posibilidades desconocidas hasta entones.

Pero, ¿debemos atribuir a los romanos la idea de formar macizos monolíticos por aglomeración de pequeños fragmentos de piedra? ¿No habría que buscar el origen de esta innovación en Etruria, o incluso remontarse al antiguo Egipto o Asiria? Ciertamente, los romanos fueron los primeros en basar todo un sistema de edificación de monumentos en esta idea. Se dieron cuenta de las posibilidades que ofrecía un método constructivo tan simple y lo aplicaron de forma sistemática, adaptándolo a las nuevas necesidades. Estas fábricas de guijarros y mortero admitían los materiales más diversos; el procedimiento se hizo casi universal y se aplicó con éxito en todas las regiones del Imperio.

En efecto, para realizar sus grandes proyectos, los romanos empleaban lo que hoy consideraríamos restos de cantera: mampuestos informes, cantos de roca dura inútiles para la labra, pequeños fragmentos de piedra. Este tipo de materiales no pertenecían, evidentemente, a una región determinada.

Además, no se quería una mano de obra especializada; las manos más inexpertas podían levantar monumentos. Éstos, formados por una suerte de materia plástica, se moldeaban con facilidad, ajustándose a las decisiones del arquitecto. Como veremos a continuación, las operaciones se reducían a preparar la argamasa y a extender sobre ella capas de piedras y cascotes menudos. Bastaba para ello la simple fuerza física y, a falta de albañiles expertos, realizaban este trabajo los esclavos, la población tributaria o los soldados.

En este capítulo explicaré en detalle los procedimientos de elaboración del hormigón romano formado por la mezcla de mortero y piedras menudas. Es importante distinguir entre dos tipos de hormigón, que responden a dos formas de ejecución claramente distintas.

La diferencia estriba en que la ejecución se realice por apisonado, o no; este hecho determina la estructura y el uso de los hormigones romanos. Estudiaremos en primer lugar los hormigones apisonados, su forma de ejecución y las circunstancias de su empleo.

Hormigones ejecutados por compresión

Para entender mejor el procedimiento nos centraremos en un caso sencillo: la ejecución de un simple muro recto de paramentos verticales. En la figura 1 se ha dibujado una sección teórica de un muro muy grueso formado por un núcleo revestido de potentes paramentos de sillería.

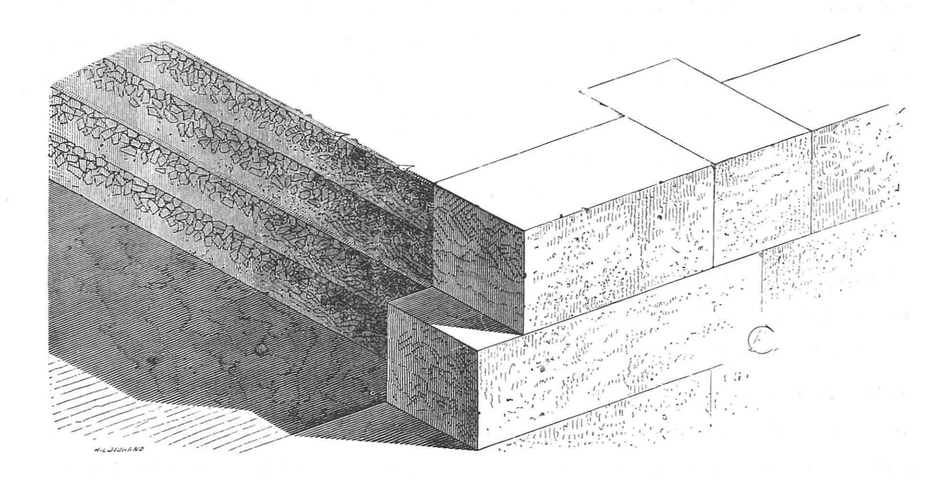


Figura 1. Muro romano con núcleo de hormigón apisonado y paramentos de sillería

El proceso era el siguiente. En primer lugar se extendía entre los paramentos una espesa capa (10 a 15 cm, al menos) de mortero romano elaborado con cal, puzolana y arena gruesa. Luego se extendía encima con pala otra capa de pequeños fragmentos de piedra, casi del tamaño de la grava gruesa empleada en el mantenimiento de carreteras, es decir, guijarros o cascotes que puedan atravesar un anillo de 8 a 10 cm de diámetro. Cuando esta capa de piedras menudas alcanzaba un espesor igual o ligeramente superior a la de mortero, se apisonaba enérgicamente de modo que el mortero refluyera en todos los intersticios.

Las capas de mortero y guijarros se iban alternando sucesivamente hasta alcanzar el nivel superior de la hilada de sillares del paramento. Sobre esta última capa los obreros echaban el polvo de piedra procedente del desbaste de los sillares y, a continuación, se realizaba un apisonado todavía más enérgico que los anteriores. Gracias a éste, el mortero terminaba de llenar los últimos huecos, pero el polvo de piedra impedía que refluyera a la superficie, evitando que se adhiriera a los pisones o a los pies de los obreros. Las mismas operaciones —extensión de las capas de mortero y piedras, posterior apisonado— se repetían una y otra vez, y el núcleo del muro quedaba, pues, compuesto por un relleno apisonado de sucesivas capas de mortero y pequeñas piedras.

Los rellenos de casi todas las tumbas que flanquean las vías de salida de Roma, en particular las de la vía Apia, se construyeron de esta forma. En este caso, las piedras empleadas eran fragmentos de tufo compacto o lava negra, procedentes de canteras cercanas. El estado ruinoso de estas fábricas nos permite conocer su forma de construcción y, casi sin excepción, estos rellenos se ejecutaron por el sistema de apisonado que acabo de describir.

Hemos visto el empleo del hormigón apisonado en la construcción de núcleos de muros con paramentos de sillería. Sólo conozco otra aplicación de este sistema, para la que está especialmente indicado: la construcción de cimentaciones de edificios. El suelo de la campiña romana está formado por productos volcánicos, más o menos agregados, y puede cortarse en vertical, precisando sólo una entibación ligera. La propia zanja forma un encofrado resistente que permite apisonar cómodamente los hormigones. Los romanos, conscientes de esta ventaja, ejecutaron por compresión los cimientos de sus principales edificios: con muy pocas excepciones los hormigones subterráneos de los monumentos de Roma están formados por espesas capas de mortero enérgicamente apisonadas.

Así se construyeron las subestructuras del edificio conocido con el nombre, muy discutible, de circo de Salustio. Los macizos que hoy día soportan el terraplén adosado a la basílica de Constantino tienen la misma estructura. No se construyeron como muros de contención; el antiguo muro que desempeñaba esa función se hundió y dejó a la vista estos hormigones subterráneos, cimentaciones de edificios desaparecidos hace mucho tiempo.

Hundimientos similares en el contorno del Palatino han sacado a la luz más cimentaciones. También estas obras se tomaron por muros de contención cuando, en

realidad, se construyeron como zanjas de cimentación que sólo empezaron a contener el terreno tras el hundimiento del muro primitivo construido para este fin. En todas estas obras se empleó hormigón apisonado.

Volvemos a encontrar rellenos apisonados en la plataforma construida por Adriano para el templo de Venus y Roma. Aparecen sistemáticamente cuando las obras de terraplenado y excavación ofrecían un molde natural para la ejecución de este hormigón formado por espesas capas de guijarros y argamasa, unidas por compresión.

Para terminar, citemos uno de los ejemplos más notables de hormigón apisonado en zanjas entibadas: los macizos que han aparecido recientemente en las excavaciones de los jardines de la Farnesina. Su estudio nos permitirá una restitución racional de las formas, a veces muy alteradas, de las construcciones citadas anteriormente.

En la figura 2 se ha intentado representar tanto el estado actual de estas cimentaciones, como el que presentaban durante su construcción.

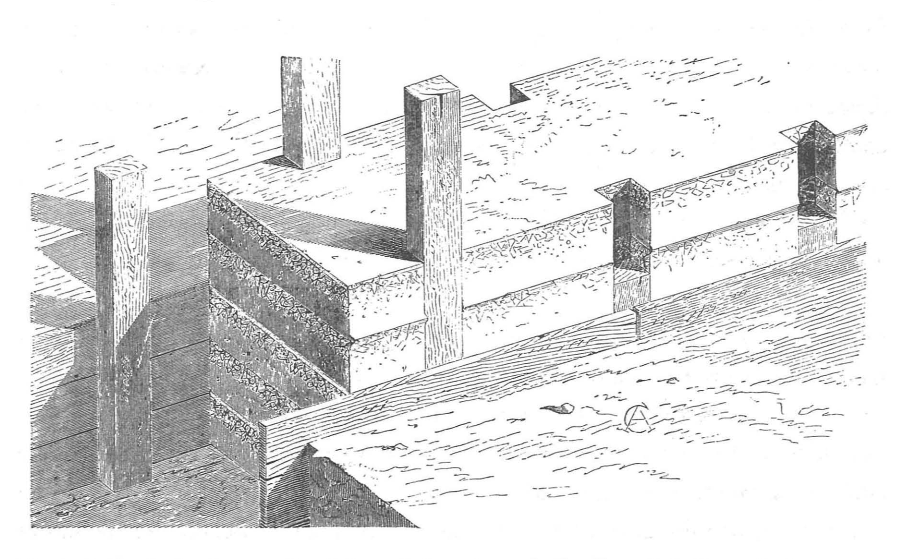


Figura 2. Zanja de cimentación de hormigón apisonado (jardines de la Farnesina)

Las huellas de los pies derechos y las tablas que formaban la entibación han quedado impresas en el hormigón con tal claridad que es posible restituir punto por punto y sin error el entibado original, que aparece dibujado en la parte inferior de la figura. En efecto, los pies derechos han dejado en el hormigón profundas ranuras verticales, mientras que largas bandas horizontales de mortero permiten situar las tablas. En ocasiones, el mortero se filtró entre las tablas y alcanzó la pared de la zanja formando allí rebordes aplastados. Durante la construcción las tablas quedaron embebidas en un molde de mortero; al pudrirse con el paso del tiempo dejaron una huella perfecta que demuestra el enérgico apisonado que sufrieron los hormigones.

En cuanto a su composición, los hormigones apisonados de cimentación se parecen mucho a los ejecutados entre paramentos de sillería. La única diferencia es que, en este caso, faltan las capas de polvo de piedra. Esta ausencia se explica por sí misma pues para realizar esta capa en los rellenos entre paramentos se empleaba el polvo resultante de la labra y desbaste de los sillares. Su empleo es, digamos, accidental y no supone una diferencia esencial entre las dos principales aplicaciones del hormigón romano apisonado.

Hormigones ejecutados sin compresión

El hormigón apisonado que acabamos de estudiar se ejecutaba con rapidez y no requería mano de obra especializada, ventajas que los romanos apreciaban en toda su importancia.

Sin embargo, no generalizaron el uso de este sistema constructivo, limitándolo exclusivamente, como hemos visto, a los rellenos entre muros de sillería y a las obras de cimentación. Fue el segundo sistema de ejecución del hormigón el que tuvo un uso general, constituyendo el modo normal de construcción en la antigüedad romana. Lo estudiaremos a continuación.

Creo innecesario dibujar un detalle para explicar este nuevo procedimiento constructivo; para hacerse una idea clara bastará con observar las secciones de muros de la lámina I.

En el primer sistema capas de mortero de 15 cm alternaban con otras de guijarros apisonados, de espesor semejante. Este tipo de hormigón romano forma una

especie de mampostería regular que no difiere esencialmente de las mamposterías modernas: imaginemos, simplemente, capas más estrechas de mortero y, en vez de guijarros, mampuestos.

En efecto, en el hormigón romano apisonado encontramos las piedras dispuestas desordenadamente, unas veces a lecho y otras a contralecho. El único orden visible procede de la ejecución por capas sucesivas. El hormigón romano común, por el contrario, no muestra estas incorrecciones; se trata de una superposición uniforme de capas de mortero de 3 a 4 cm de espesor, como máximo, alternando con capas de guijarros o fragmentos de piedra. En este caso, sin embargo, las piedras están sentadas siempre de plano según el lecho de cantera. Cuando los romanos emplearon, en vez de piedras menudas, cascajos de cerámica, los colocaron también de plano, en sentido horizontal.

Ordinariamente, se suele considerar que este hormigón romano es semejante al hormigón moderno, es decir, a una mezcla de árido y mortero que se prepara previamente y se vierte después en obra. En absoluto sucede esto con el hormigón romano, como lo demuestra la orientación de los fragmentos de piedra que, invariablemente, presentan un dimensión mayor en sentido horizontal.

Si, además, se considera el tamaño de las piedras en los hormigones romanos, la anterior hipótesis se vuelve todavía más inverosímil. La dimensión media suele ser de 12 a 15 cm de lado por unos 7 cm de espesor. He podido observar un gran número de piedras de este tamaño en la basílica de Constantino, en las termas de Diocleciano o Caracalla, en el templo de Venus y Roma, etc. En las termas de Agripa son todavía mayores. Mezclar árido de este tamaño con mortero para después verterlo, hubiese sido una operación, cuando menos, difícil.

Finalmente, puede observarse que, a pesar del cuidado en la ejecución, las juntas verticales entre piedras de una misma hilada no siempre están rellenas completamente de mortero. Esta observación resulta todavía más decisiva en favor de nuestra hipótesis. En efecto, el mortero envuelve las piedras de forma incompleta, las capas superior e inferior no han penetrado suficientemente y, hacia la mitad de la junta, aparece un intersticio.

Estos huecos no hubieran podido producirse si los materiales se hubieran mezclado previamente y vertido después, de una vez. Aunque estos intersticios no suelen ser muy visibles, no se trata de singularidades o defectos excepcionales; se encuentran en algunos puntos en la práctica totalidad de los monumentos romanos.

Hay, pues, razones suficientes para afirmar que el hormigón moderno no era habitual en Roma. Pero esto no implica que los romanos ignorasen su fabricación y usos. Vitruvio lo cita en términos inequívocos y lo recomienda, por ejemplo, para las obras marinas sin achicamiento de agua. Sin embargo, el tratamiento que le da Vitruvio en nada hace suponer que se tratase de un material de uso general.

El aspecto exterior de ambos tipos de hormigón es muy semejante y esto puede llevar a confundirlos. Sin embargo, en relación con la ejecución, el hormigón romano ordinario es mucho más barato que el hormigón moderno, aunque ambos presentan una resistencia semejante. La mezcla previa de piedras y mortero supone un trabajo penoso que los romanos trataron de evitar. No es que faltaran brazos para la tarea; sencillamente les parecía un esfuerzo inútil. Así, pues, la mezcla se realiza in situ y la disposición regular de las piedras compensaba un recubrimiento de mortero menos perfecto. El hormigón romano tenía todas las ventajas de un hormigón moderno pero con el notable ahorro de mano de obra que supone no realizar la mezcla previa.

Resumiendo, el hormigón romano se basa esencialmente en la puesta en obra por separado del mortero y el árido. En efecto, si examinamos con atención un muro romano en ruinas podremos apreciar que las capas de mortero aumentan y disminuyen de espesor según una ley lenta y continua. Esto es muy significativo pues demuestra que el mortero se paleaba en grandes superficies que se iban recubriendo, poco después, de piedras. El empleo de la pala explica las variaciones regulares del espesor, así como los intersticios de las juntas verticales entre piedras.

En esta hipótesis, la organización del trabajo quedaba dividido en dos operaciones diferentes: una primera cuadrilla de obreros extendía el mortero con pala, mientras que otra iba sentando las piedras y cascotes sobre ella. Esta división aceleraba el trabajo y, al mismo tiempo, garantizaba una ejecución regular.

Por supuesto, esta organización de las obras romanas es sólo una conjetura. Sin embargo, no hay duda de que esta hipótesis explica la estructura interior de los hormigones y, además, concuerda perfectamente con los hábitos organizativos romanos.

A continuación, compararemos los dos modos de ejecución descritos, tratando de encontrar los motivos que decidieron su empleo en uno u otro caso. Se trata, como veremos, de motivos económicos y esto demuestra el papel que ocupaban las consideraciones prácticas en el espíritu romano.

Los romanos trataban siempre de reducir el gasto y acelerar la ejecución. En sus obras, huían de cualquier complicación, de cualquier traba, y evitaban por principio, casi diría por sistema, cualquier trabajo que no encaminara directamente a su objetivo.

Los hormigones apisonados debían ejecutarse entre encofrados provisionales: la compresión sobre una masa semifluida de piedras envueltas en mortero producía empujes horizontales que tendían a volcar los paramentos (fig. 3).

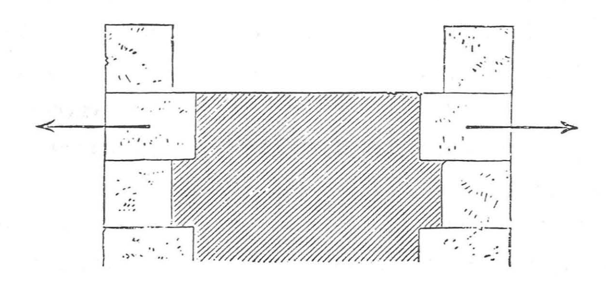


Figura 3. Efecto del apisonado del núcleo de hormigón sobre los paramentos

Si éstos no presentaban una estabilidad suficiente hubiera sido preciso apear el muro, entibarlo exteriormente; los romanos evitaron siempre esta complicación. La regla que siguieron es la siguiente: si había que hormigonar un recinto muy resistente, que no precisaba entibación, aprovechaban las ventajas del hormigón apisonado; en caso contrario, usaban hormigón sin apisonar.

Por esta razón sólo usaron el hormigón apisonado en las zanjas de cimentación o como relleno de muros revestidos por potentes paramentos de sillería. En los muros ordinarios los revestimientos eran demasiado débiles para aplicar el apisonado, como puede verse a simple vista.

El revestimiento de los muros de hormigón se componía, o bien de pequeños mampuestos cúbicos cuyas juntas formaban elegantes dibujos geométricos, o, con mayor frecuencia, de una fábrica de ladrillos triangulares (véase la figura 4).

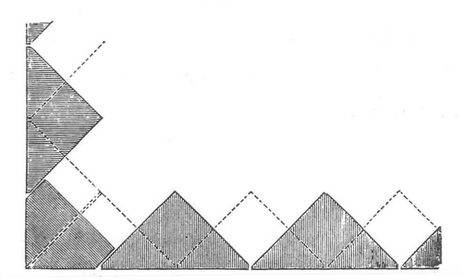


Figura 4. Aparejo de un revestimiento de ladrillos triangulares

Este sistema producía una unión perfecta entre los ladrillos y el núcleo de hormigón, con un gasto insignificante. Esta adherencia con el hormigón es la que sostenía el revestimiento de ladrillo que, evidentemente, no hubiese podido resistir los empujes derivados del apisonado (fig. 4). Para aplicar el sistema por compresión usado en las tumbas de la vía Apia (fig. 1), hubiese sido preciso colocar un entibado exterior, con todas las complicaciones que conlleva.

La regla citada no sólo concuerda con los hechos, también lo hace con los textos. Vitruvio sólo indica el empleo del hormigón apisonado en dos casos: 1) para la construcción de cisternas subterráneas.[1] El procedimiento, según Vitruvio, es el siguiente: primero se excava una zanja en todo el perímetro que se rellena con hormigón apisonado; después se excava el interior y se ejecuta el fondo también en hormigón apisonado. 2) El segundo ejemplo de Vitruvio se refiere a la ejecución de rellenos de hormigón entre paramentos de sillería.[2] En ambos casos no hacía falta un encofrado auxiliar. Así, pues, los textos confirmaron la regla teórica deducida sólo en base a un examen de las ruinas.

Los romanos conocían la construcción encofrada. Hay textos que aluden sin ninguna duda a ella, como por ejemplo un pasaje de Varrón donde explica la construcción de tapias de tierra, sin cal, mediante encofrados.[3] Quizá este método se aplicó en algún caso a la construcción de hormigón, pero no tenemos constancia de ello. En cualquier caso, la fábrica encofrada nunca tuvo un carácter general en Roma.

Sin embargo, los muros romanos presentan agujeros a distintas alturas que recuerdan a los que dejan las agujas de madera transversales en los tapiales, y esto podría sugerir el empleo de encofrados móviles entre los que se vertía el hormigón.

Los moldes de los tapiales están formados, normalmente, por dos entablados sujetos en la parte inferior por las citadas agujas de madera y en la parte superior de la forma indicada en la figura 5.

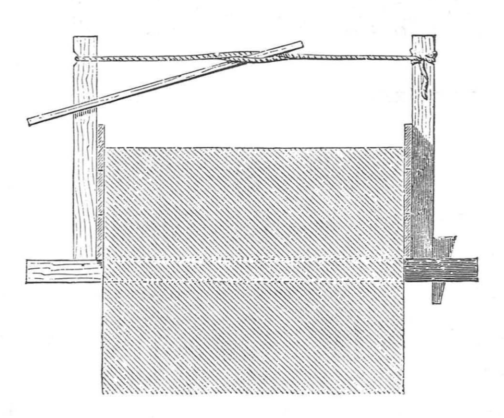


Figura 5. Encofrado de un muro de tapial

Los materiales del muro se echan entre los encofrados; realizado este trabajo se retiran las agujas que soportan los entablados, quedando unos agujeros que atraviesan el muro de parte a parte y que se asemejan a los huecos de los hormigones romanos.

Sería arriesgado inferir que esta semejanza exterior corresponde a una ejecución análoga. Los huecos horizontales no siempre atraviesan los muros romanos; cuando el muro es delgado pueden pasar de lado a lado,[4] pero si es muy grueso los huecos se interrumpen a poca distancia del paramento exterior y nada hace suponer que la parte central fuera rellenada con posterioridad.[5] Parece, pues, natural admitir que estos huecos no contuvieran la carpintería de un encofrado provisional, sino la viguería de los andamios. Son mechinales en los que entraban, bien en parte o bien por completo, los maderos o puentes que soportaban el piso de servi-

cio. Estos huecos reflejan la huella exacta de los maderos que antes los ocuparon. Su forma tortuosa nos muestra que el maderamen estaba mal cortado y escuadrado; su distribución irregular pone de manifiesto la precipitación en la colocación de los puentes, la economía de cuidado y trabajo con que se construyó el andamio. Pero, sobre todo, llama la atención la forma irregular de estas huellas de la viguería; estos huecos son a veces tan retorcidos que podemos afirmar que los maderos nunca se llegaron a extraer del muro. Esta circunstancia se aprecia con gran claridad en los muros de un antiguo edificio en las inmediaciones de la ciudad de Autun; una gran torre cuadrada conocida como el templo de Jano. En la figura 6 he dibujado una sección horizontal.

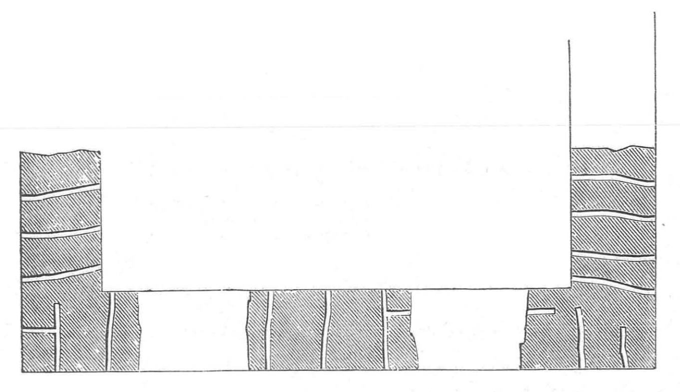


Figura 6. Huellas de la viguería del andamiaje en un muro romano (templo de Jano en Autun)

Las huellas de este tipo son más o menos acusadas según los casos; no obstante, la práctica de abandonar la viguería de los andamios dentro de los muros parece haber sido habitual en la construcción romana. Los puentes que soportaban el piso eran maderos de poco valor que, en vez de ser extraídos al terminar el trabajo, se eliminaban cortándolos a ras de los paramentos. Con el tiempo las entregas restantes de los maderos en el muro se pudrieron dejando huecos los lugares que antes ocupaban.

La presencia y el origen de estos huecos en la masa de los muros sólo tiene un interés secundario; pero como varios observadores han creído ver en ellos indicios de un sistema de construcción distinto del que acabo de exponer, me extenderé un poco más sobre su función y origen.

Supongamos, por ejemplo, que los maderos alojados en estos huecos hubieran sido extraídos. Los huecos se habrían rellenado después y deberían quedar restos de estos rellenos puesto que ni las lluvias, ni el deslizamiento (los huecos son horizontales) podrían haberlos eliminado. La mejor explicación de esta ausencia de restos consiste, simplemente, en admitir que los maderos que formaban los puentes de los andamios permanecieron en el interior de los muros, pudriéndose in situ.

Admitido este hecho, no resulta difícil imaginar la construcción original de los muros romanos; hemos resumido el proceso en el dibujo teórico de la figura 7.

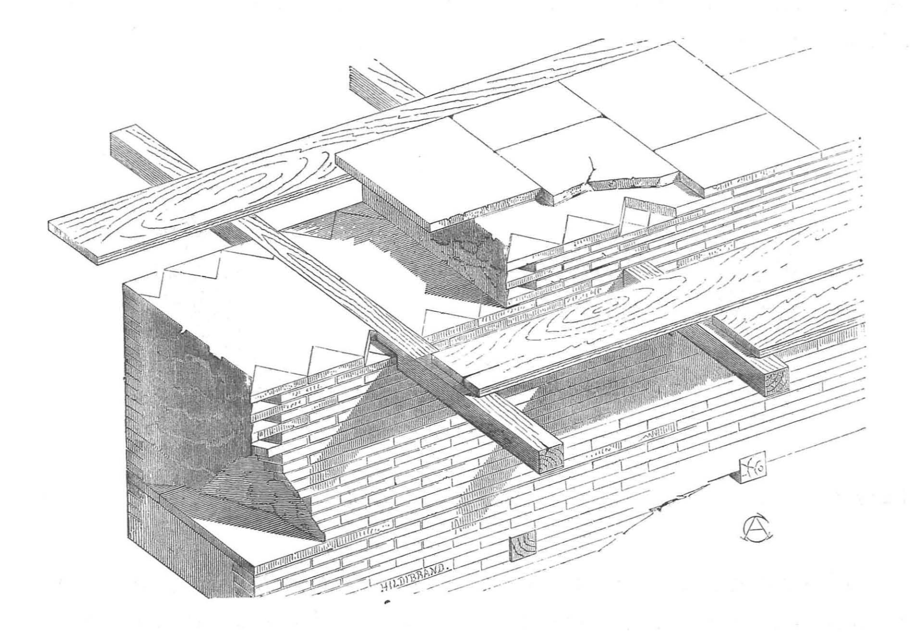


Figura 7. Construcción de un muro romano

En la figura se ha intentado resaltar el aspecto de los puentes embebidos en el muro durante la ejecución de los trabajos y tras su terminación. Su función durante la obra está suficientemente explicada en el dibujo. Me parece importante insistir en su posterior abandono dentro del muro.

Esta práctica de dejar maderos embebidos en los muros de fábrica no es habitual en la construcción moderna y puede parecer extraña. Sin embargo, está plenamente justificada y no debemos considerarla inverosímil.

En primer lugar, al cortar los puentes al ras de los paramentos en lugar de extraerlos, se evitan los agrietamientos y fracturas que dicha extracción hubiese producido en la fábrica. En efecto, para retirar esos maderos, con frecuencia torcidos y de formas sinuosas, hubiera sido preciso sacarlos a golpes o arrancarlos tirando de ellos con fuerza; ambas operaciones hubieran perturbado el endurecimiento de los morteros, todavía frescos. Renunciando a la extracción se evitaban también los posibles daños. Además, la madera perdida no supone un gran gasto pues, como sabemos, el maderamen empleado en la viguería de los andamios era de mala calidad.

Pero, además, el mérito principal de este maderamen embebido es el de unir los dos paramentos. Estos maderos que cruzan el muro de parte a parte recuerdan por su disposición a las piedras alargadas, los perpiaños, que los canteros colocan para atar los muros de sillería. No se trata de una comparación fantasiosa; la analogía es exacta. La función de los puentes pasantes en las construcciones de hormigón es la misma que la de los perpiaños en los muros de sillería; la forma de las piezas, su posición, su adherencia con los paramentos, todo es semejante en ambos casos.

Por si hubiera alguna duda, los documentos escritos confirman la hipótesis que acabo de enunciar; he aquí un texto de Vitruvio, en el que habla de la construcción de una ciudad: «En el espesor de los muros conviene embeber maderos de olivo ligeramente carbonizados, que atraviesen el muro de parte a parte, uniendo ambos paramentos.»[6]

Vitruvio, tras explicar su preferencia por la madera de olivo (que según él es más resistente a la humedad), añade: «No solamente las murallas, también los cimientos y los muros de gran espesor, atados de esta manera, resistirán durante largo tiempo las causas del deterioro.»

No tengo nada que añadir a una declaración tan explícita. Vitruvio precisa y completa nuestra explicación; los romanos no sólo no trataban de extraer los puentes del andamiaje que quedaban accidentalmente en el muro, sino que colocaban intencionadamente perpiaños de madera sin otra función que la de atar las fábricas.

Los perpiaños de madera formaban un primer atado dentro de los hormigones. Los romanos añadían otro, más eficaz pero también más costoso. Atravesaban los muros a distintos niveles por hiladas aisladas de grandes ladrillos que unían ambos paramentos. Los ladrillos solían ser cuadrados de 60 cm (2 pies romanos) de

lado y 4 a 5 cm de espesor. En la figura 7 (véase más arriba) he intentado representar la disposición de estos ladrillos, que forman una especie de embaldosados o verdugadas en el interior de los muros romanos.

Normalmente, estas verdugadas son de espesor sencillo aunque pueden encontrarse algunas formadas por dos o tres hiladas de ladrillo. Este último caso era infrecuente y, habitualmente, se trataba de verdugadas sencillas que atravesaban horizontalmente los muros, dispuestas a intervalos de 1,50 a 3 metros. El muro entre verdugadas estaba construido de hormigón sin apisonar, esto es, se componía de capas alternadas de piedras menudas y mortero, revestidas por ligeros paramentos de ladrillos triangulados o pequeños mampuestos.

La función de atado de estas verdugadas embebidas en los muros a intervalos iguales, digamos cada veinte hiladas, justifica el gran tamaño de los ladrillos que las componen. No parece tan sencillo explicar el pequeño tamaño de las piedras que forman las hiladas intermedias. Se comprende que los romanos redujeran las piedras a fragmentos menudos cuando el mortero se filtraba entre ellos por apisonado; igualmente se explica fácilmente la práctica moderna del machaqueo del árido para reducirlo de tamaño, cuando éste ha de mezclarse previamente. En ambos casos la división del material favorece la mezcla. Pero en el caso que nos ocupa ¿no bastaría con que las piedras fueran simples mampuestos que pudieran manipularse sin dificultad? Parece extraño que los romanos se impusieran la limitación de no emplear fragmentos de piedra mayores de un cierto volumen, digamos un decímetro cúbico, como máximo. Afortunadamente, Vitruvio nos da la explicación: «Cualquiera que sea el tipo de construcción se ejecutará con piedras muy menudas de manera que los muros, empapados en mortero de cal y arena, tengan mayor duración.»[7] Vitruvio insiste varias veces a lo largo de su tratado en esta prescripción, a la que otorga una importancia capital. Así, a propósito de la construcción de los templos dice: «Si la cella se construye en hormigón, éste estará ejecutado con piedras tan pequeñas como sea posible.»[8] Esta recomendación no es original de Vitruvio: se aplicó ya en los monumentos más arcaicos del arte romano y aparece enunciada explícitamente en el documento más antiguo sobre construcción romana que ha llegado hasta nosotros. Se trata de un contrato de obra pública, unos cien años anterior a Vitruvio, conservado en forma de una inscripción en latín arcaico, conocida como «Lex puteolana parieti faciundo». Este documento establece de forma precisa el límite de tamaño de los materiales para

la restauración de un muro de hormigón del templo de Serapis, en Pozzuoli: «Que el contratista no emplee en el hormigón piedras con un peso seco superior a...» Estas condiciones se remontan al año 104 a. C., fecha que puede fijarse con absoluta precisión en base a los nombres de los cónsules. El documento es muy anterior a los monumentos romanos de hormigón fechados hasta el momento. Los romanos siguieron siempre las sabias recomendaciones que contiene.

Todos estos textos demuestran la importancia que los romanos daban al empleo de piedras menudas y la constancia con que esta prescripción se siguió, si bien sólo en el primero de ellos se explica la razón. En efecto, si las piedras presentan un volumen considerable pueden llegar a desecar el mortero reduciéndolo a un estado pulverulento; para evitar esta absorción brusca de agua, los romanos reducían la piedra a pequeños fragmentos, que luego embebían en abundante mortero. En Roma esta precaución es particularmente importante pues se usaba como material tufo de origen volcánico, poroso y con gran capacidad de absorción de agua. Siguiendo el orden de ideas de Vitruvio, casi podría afirmarse que se sometía a los materiales a una inmersión previa, antes de ponerlos en obra. Esto concuerda muy bien con las condiciones del contrato de Pozzuoli que establecía el peso máximo de las piedras «secas», lo que parece aludir a la práctica de empaparlas previamente por inmersión.

Hemos visto, en su conjunto, los métodos de ejecución de las fábricas de hormigón romano. Estos métodos variaron en función de la naturaleza de los materiales, transformándose de un punto a otro del Imperio, casi hasta el infinito. Sólo unos principios comunes relacionan entre sí todos esos métodos. Convenía, pues, limitarse a algunos aspectos generales, sin tratar de precisar reglas concretas cuyo simple enunciado, por su carácter absoluto, hubiera dado una idea equivocada. A lo largo del estudio que sigue, mantendremos una reserva parecida. Nuestro objetivo al dar un panorama de los métodos romanos no era el reducirlos a fórmulas, sino resaltar las ideas principales que guiaron su aplicación. Hemos cubierto una pequeña parte del programa; sólo se ha estudiado la «mecánica» de la construcción romana, el oficio de los constructores. Falta, en su totalidad, el estudio de las aplicaciones. Lo iniciaremos en el siguiente capítulo y las explicaciones e interpretaciones que haremos nos darán la oportunidad de completar esta exposición de los métodos constructivos ya demasiado larga y, sin embargo, sumaria.

2

Construcción de bóvedas de hormigón

Exposición del sistema: bóvedas de cañón

Las bóvedas de hormigón se emplearon de forma general únicamente en Roma. Sus restos llenan las ruinas y, por doquier, encontramos fábricas de hormigón volteadas audazmente sobre el vacío cubriendo las antiguas salas. Otras veces sólo subsisten los arranques, masas de hormigón que volando sobre los muros nos indican la estructura de las bóvedas originales, destruidas por el tiempo.

Las bóvedas romanas, al estar construidas con pequeños materiales, podían adoptar infinitas disposiciones, cubriendo recintos rectangulares, rotondas, exedras o superficies poligonales. Ejecutadas sobre un molde se prestaban a las plantas más complicadas y a las más variadas exigencias de distribución. Muchas parecían estar construidas para desafiar el paso de los siglos y poseían una majestuosa sencillez que daba a los edificios una grandeza severa, muy apropiada para los monumentos del poder romano. Nunca una forma de construcción se adecuó mejor a las necesidades materiales o morales de un pueblo; por este motivo, los romanos hicieron del sistema abovedado la base de toda su arquitectura.

El problema de sustituir las techumbres de madera por construcciones más sólidas y duraderas es tan antiguo como la construcción misma. Sin embargo, hasta la aparición de las bóvedas de hormigón —los dinteles o arcos adintelados de los

templos griegos y egipcios exigían materiales de difícil extracción y manejo— no existió una solución verdaderamente práctica. Así, en las arquitecturas primitivas encontramos falsas bóvedas formadas por hiladas sucesivas de piedras que vuelan unas sobre otras; incluso podemos encontrar bóvedas auténticas formadas por dovelas de juntas convergentes. Sin embargo, sea por ignorancia o por sistema, aquellos primeros constructores sentaban las dovelas de sus bóvedas siempre en seco, sin intercalar mortero o cualquier otro material que pudiese compensar las irregularidades de la labra. Las piedras debían tener, pues, una forma exacta y esta dificultad práctica, como es evidente, limitó el uso de las bóvedas de cantería. Incluso los etruscos, pueblo de la antigüedad que usó con más frecuencia las bóvedas de cantería, restringieron mucho su empleo. Las usaron para abovedar las cloacas, los conductos subterráneos de desecación de los humedales, los acueductos y las puertas de las ciudades. Sin embargo, nunca las emplearon en la edificación civil ni religiosa, donde usaban vigas de madera, como las descritas por Vitruvio para el templo toscano, o arquitrabes de piedra semejantes a los que simulan las fachadas de algunos monumentos tallados en roca.

Los griegos, a pesar de su constante relación con Etruria, nunca usaron las bóvedas etruscas de juntas convergentes (nótese que las bóvedas que vemos en algunos edificios de la Grecia primitiva, en Micenas y particularmente en la isla de Eubea, son falsas bóvedas), ni emplearon las bóvedas de dovelas antes de la conquista romana. Los griegos encontraron en la construcción adintelada la mejor expresión de sus ideas de orden y regularidad. Consideraron sus formas como la más bella creación de su genio, las hicieron formar parte de su gloria nacional, y las mantuvieron mientras duró su independencia.

Asistieron a la creación de la construcción abovedada sin participar en ella, dejando a los arquitectos italianos el honor de generalizar este sistema, y hacer de él algo práctico y sencillo gracias al empleo del hormigón.

Sean o no los romanos los inventores de las bóvedas de hormigón, es indudable que ningún otro pueblo había intentado anteriormente construir grandes bóvedas con una fábrica de pequeños materiales aglomerados con mortero. Los propios romanos despreciaron durante largo tiempo las posibilidades que este nuevo sistema de construcción ofrecía. De hecho, sólo se empezó a usar regularmente a finales del siglo I a. C., cuando se inicia un período de prosperidad material como consecuencia del fin de las conquistas y el apaciguamiento de las contiendas civiles. A

partir de entonces, el progreso fue rapidísimo y supuso una auténtica revolución en el arte de construir. Las construcciones que hasta entonces habían vivido de la tradición griega y etrusca se ven forzadas a librarse de la inercia y la costumbre: el empleo de bóvedas para cubrir las grandes salas de los edificios cambió por completo la distribución de las plantas y hubo que dar a los apoyos, sometidos a esfuerzos de un nuevo tipo, formas antes inusitadas y modificar la composición del espacio para crear contrarrestos eficaces al empuje de las bóvedas. Un nuevo sistema de construcción auténticamente romano nace, o cuando menos se regulariza y extiende.

Esta transformación, que se completa en los últimos años de la República, llevaba sin duda gestándose desde hacía mucho tiempo. Pero, bien porque el paso de los años ha hecho desaparecer las primeras construcciones abovedadas o bien, y esto parece más probable, porque fueron reemplazadas por los suntuosos edificios imperiales, el hecho es que prácticamente no quedan trazas de la serie de ensayos y perfeccionamientos que precedieron a la época de Augusto. Los ejemplos de la época de la República que podemos citar son demasiado escasos o dudosos como para aventurar una reconstrucción de sus progresos. Por eso el Panteón aparece ante nosotros como la obra maestra de la construcción abovedada romana y, a la vez, como uno de los primeros monumentos de la historia de este tipo constructivo.

Pero no es nuestro propósito dibujar un panorama (siempre hipotético) de los orígenes de la construcción abovedada, sino estudiar las bóvedas de hormigón en su madurez y describir las particularidades de su construcción. Para ello intentaremos relacionar el conjunto de hechos observados mediante un número reducido de sencillos principios que dominan todo el sistema de construcción abovedada romana.

Cuando contemplamos cualquier monumento romano abovedado, por ejemplo uno de los larguísimos acueductos que jalonan la campiña romana, nos encontramos con dos partes bien diferenciadas, unos arcos de cabeza de rosca de ladrillo y, entre ellos, una fábrica formada por pequeños fragmentos de tufo, o cascotes, aglomerados con mortero. Una inspección somera de las ruinas revela una dicotomía estructural semejante: una masa compacta de hormigón entre dos paramentos de juntas convergentes. Pero, si se observan más de cerca estas fábricas de aspecto rudo, se descubre algo nuevo. Inmersos en ellas hay unos encadenados de estructura distinta, auténticos nervios embebidos (a veces una retícula completa de ladrillo)

que forman en el hormigón una armadura interior, una especie de esqueleto ligero que se ramifica y subdivide, extendiéndose a través de la tosca fábrica que lo envuelve.

Este esqueleto de arcos resistentes no se construía al tiempo que el hormigón, como sucede con las cadenas de piedra de nuestros edificios modernos, ya que, como demuestra la discordancia entre las hiladas del relleno y las juntas del ladrillo, el esqueleto debía formarse antes (ver fig. 8).

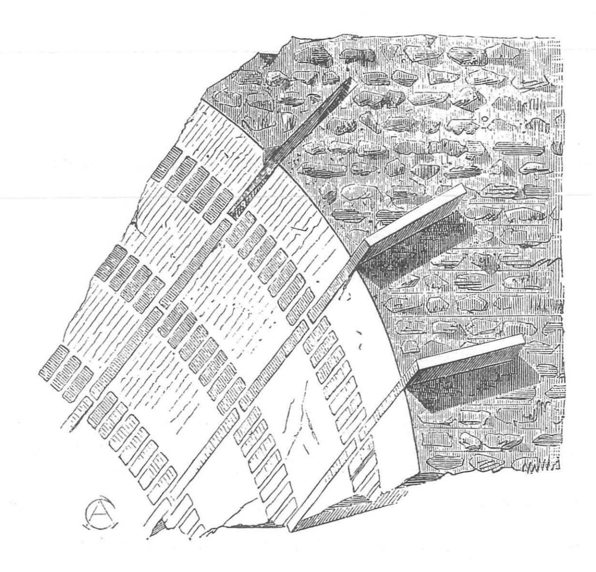


Figura 8. Bóveda romana con esqueleto de ladrillo embebido en el hormigón

Este esqueleto ligero, esta armadura empotrada en la bóveda, se compone, al igual que los arcos de cabeza que lo rematan, de un aparejo de rosca de ladrillo, cuyas juntas convergentes nos recuerdan a nuestras modernas bóvedas de fábrica. Pero las semejanzas terminan aquí, pues si en lugar de fijarnos en la armadura interna observamos la manera de disponer el hormigón apreciamos una simplicidad por completo ajena a la construcción moderna.

Si por el término bóveda entendemos normalmente una obra cuyas juntas están orientadas hacia un centro único, podemos decir que tanto las bóvedas romanas de

cantería, como esos arcos de ladrillo embebidos en el hormigón se avienen a esta definición, pero no así el propio hormigón, pues los materiales que lo componen forman hiladas que guardan una rigurosa horizontalidad desde los arranques hasta la clave. Al observar las trazas de estas hiladas en los lienzos de las ruinas, se piensa de forma casi involuntaria, en los estratos que se dibujan con perfecta nitidez en los terrenos sedimentarios. Esta disposición es suficientemente insólita como para merecer una explicación gráfica que compare el aspecto interior de las bóvedas construidas con uno u otro sistema (figuras 9 y 10).

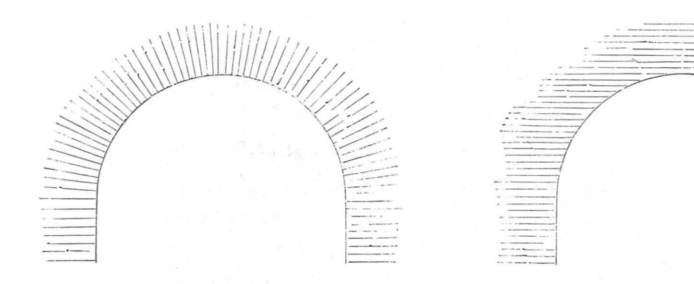


Figura 9. Bóveda de juntas convergentes

Figura 10. Bóveda romana de hormigón de hiladas horizontales

La bóveda moderna y la bóveda romana de cantería coinciden en presentar sus juntas en dirección convergente, como aparece en la figura 9. Por el contrario, en una bóveda romana de hormigón la orientación de las juntas es siempre horizontal, como el rayado de la figura 10.

Así, pues, los romanos, según construyeran en cantería o en hormigón, daban a las juntas una convergencia regular o un riguroso paralelismo. Lo opuesto de estas prácticas de la antigüedad no supone ninguna incoherencia o contradicción, ya que las condiciones de equilibrio de las bóvedas aparejadas en seco y de las bóvedas de hormigón difieren profundamente.

En el primer caso, las piedras se sostienen en función de su forma y es preciso dar a las juntas direcciones convergentes; en el segundo el aglomerante hace que las hiladas de mortero y de piedras se confundan en una masa continua y homogénea, cuya estabilidad es indiferente a la dirección de asiento. Los romanos aprove-

charon esta circunstancia para librarse radicalmente de todas las complicaciones que entraña la construcción de juntas convergentes. Podemos decir que, la fábrica de sus bóvedas no es más que una prolongación de los soportes a la que se hace volar sobre el vacío, pues si suprimimos el esqueleto embebido en la masa, nos quedaría un hormigón absolutamente idéntico en cuanto a la dirección de las hiladas.

Al tratar la construcción de los muros vimos que los romanos disponían de dos tipos de hormigón: el hormigón ordinario, sin compactar, y el apisonado. También vimos cómo el primer tipo sólo se usaba en la construcción de muros revestidos por delgados paramentos de ladrillo, cuya ejecución no requería medios auxiliares de encofrado. Si aplicamos estas mismas consideraciones a las bóvedas, no es difícil imaginar cuál de los dos tipos de hormigón se usó en su construcción. Como es natural, las bóvedas requerían un molde interior, un núcleo que diera al hormigón la forma buscada, en definitiva una cimbra, que los romanos buscaban abaratar en lo posible y cuyo coste estaba en relación con el tipo de hormigón.

Con el hormigón apisonado las cimbras habrían sufrido vibraciones capaces de romper o debilitar los ensambles y, lo que es más importante, su armazón habría sufrido violentas deformaciones. Además éste se comprimiría en la zona de los arranques, empujando al mismo tiempo hacia afuera a los paramentos exteriores, como puede verse en la figura 11.

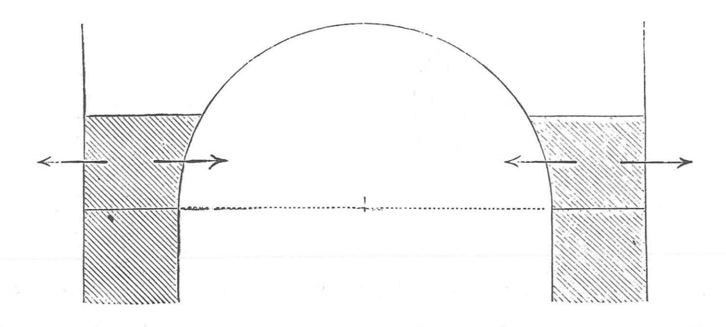


Figura 11. Efecto de un posible apisonado del hormigón sobre los arranques de la bóveda

Para resistir estos esfuerzos se habría necesitado, además de la cimbra interior, un apuntalamiento exterior que, juntamente con el resto del entramado provisional, tuvieran una enorme rigidez, capaz de soportar los esfuerzos de separación y

la acción incesante de los golpes. A la vista de estas dificultades, lo más sensato era, obviamente, renunciar a la construcción apisonada.

Los arquitectos romanos debieron razonar así y, hasta donde alcanza mi conocimiento, el hormigón de sus bóvedas se ejecutó empleando exactamente los mismos procedimientos que en los muros normales. En ocasiones, los materiales de las bóvedas son más ligeros que los de los muros, pero el procedimiento constructivo es siempre el mismo; el hormigón de las bóvedas no se apisonó nunca.

La forma de construir de los romanos exigía siempre de las cimbras en algún momento una gran resistencia ante esfuerzos muy considerables. Al arrancar la bóveda, cuando aún se eleva poco por encima de sus apoyos, puede prácticamente sostenerse por sí misma. Sus hiladas, sentadas en sucesivos voladizos, se sujetan a la prolongación vertical de los soportes, formando una especie de ménsula ABS, empotrada según la línea AB (ver fig. 12). La forma de este bloque ABS apenas difiere del perfil teórico óptimo de un sólido empotrado sometido a su propio peso y, por consiguiente, habría bastado con un ligero encofrado, barato y fácil de construir. De hecho, esta zona de los arranques no habría precisado una cimbra propiamente dicha; habría bastado un camón que diese la curvatura apropiada.

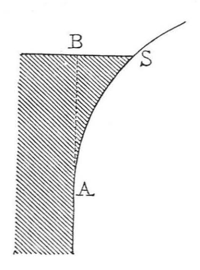


Figura 12. Empotramiento de los arranques de una bóveda en el muro de soporte

Pero la ejecución se complica a medida que se eleva la bóveda. La parte volada va aumentando su peso sobre las cimbras, y esta carga crece con gran rapidez al aproximarse a la clave. En seguida, la bóveda se convierte en una masa semifluida que descarga todo su peso sobre unas cimbras que, casi superfluas en la primera fase de construcción, requieren ahora una gran resistencia.

Era muy importante que estas grandes masas de materiales todavía mal aglomerados estuviesen soportadas por entramados indeformables. El menor cedimiento

habría provocado el apoyo en falso de la fábrica todavía sin consolidar y los consiguientes movimientos internos del hormigón, que podrían llevar a su completa fragmentación.

Los asientos de las cimbras en una bóveda ordinaria de dovelas convergentes, aunque no deseables, son rara vez desastrosos. Puede haber un agrietamiento del mortero en algunas juntas, sin que la estabilidad del conjunto quede afectada.

En las construcciones de cantería el mortero sirve sobre todo para regularizar las juntas de manera que los empujes entre las piedras se transmitan de forma uniforme. No es un aglomerante, es un simple «colchón» interpuesto entre las dovelas y, por tanto, su agrietamiento, e incluso su desaparición no compromete, necesariamente, la estabilidad de la bóveda. Su presencia es de hecho tan innecesaria que los romanos no llegaron a emplearlo nunca en sus obras de cantería.

Por contra, en las bóvedas de hormigón el mortero no es un aditamento accesorio puesto que es él, y sólo él, el que establece la ligazón entre los distintos elementos de la construcción; si desapareciese sólo quedaría un monolito fragmentado, un macizo en ruinas. Una bóveda monolítica es incapaz de acompañar las deformaciones del armazón que le sirve de molde, y que la exponen a pérdidas de sustentación.

Por tanto, para construir una bóveda romana de hormigón era preciso dotar a las cimbras de una rigidez absoluta; ésta era la primera condición del éxito. Sin embargo, este requisito era difícil de cumplir utilizando simples cimbras de madera. El aumento de las escuadrías, la multiplicación de los ensambles, incluso una ejecución perfecta, no hubieran resuelto el problema. Los maderos, incluso los mejor ensamblados, sufren deformaciones ya sea por los esfuerzos que resisten o por los cambios de temperatura.

Hay que añadir, además, que habría sido impropio de los romanos aceptar obras auxiliares tan complicadas y costosas. Estaban habituados a considerar sólo útiles los trabajos de carácter permanente y, sobre todo, a buscar soluciones simples.

Si consideramos la organización de las obras romanas llegaremos por distinto camino a explicar su rechazo a las cimbras de madera. Los romanos podían disponer a todo lo largo y ancho de su imperio de un número ilimitado de brazos, pero encontrar carpinteros expertos no era tan fácil. Para las obras que exigían un simple despliegue de esfuerzo físico, bastaba reclutar obreros entre la población tributaria, en los ejércitos o entre los esclavos, pero las construcciones más complejas y

difíciles, como las cimbras rígidas e indeformables, exigían recursos humanos más escasos, que habrían obligado a los arquitectos a retrasar las obras hasta lograr reunir, con elevado coste, una multitud de hábiles artesanos. Para colmo, finalizada la obra, toda la costosa obra auxiliar, esos bosques enteros de madera empleados en la construcción de las cimbras rígidas de las bóvedas, habría tenido que desaparecer sin dejar rastro.

Tanto consumo inútil y costoso de materiales y de mano de obra repugnaba a los romanos. Del deseo de evitarlo y del esfuerzo por escapar de la tiranía de las cimbras provisionales, nació la idea, simple e ingeniosa, de dotar a las bóvedas de un armazón interno de ladrillo que sostuviese los hormigones durante la construcción evitando que descargasen la totalidad de su peso sobre las cimbras.

En las primeras láminas que aparecen al final del libro mostramos el aspecto general de estos esqueletos embebidos en las bóvedas, las figuras que adjuntamos aquí dan detalles adicionales de su estructura. A continuación, explicaré, con carácter general, la naturaleza e importancia de su función.

Comencemos por la figura siguiente (fig. 13) en la que se ha dibujado un tipo de armadura simple, en construcción.

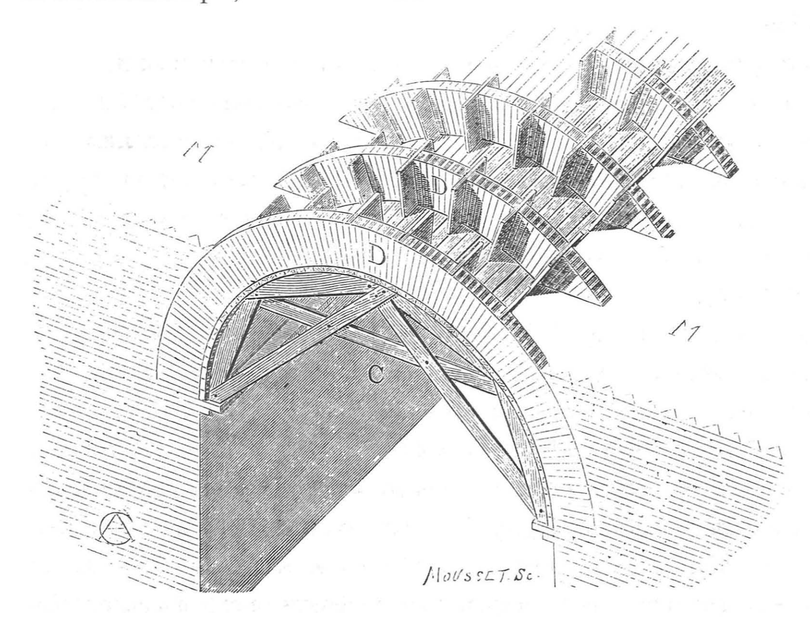


Figura 13. Construcción de una bóveda romana con esqueleto interno de ladrillo

En ésta hemos señalado las cimbras provisionales C, un armazón ligero de arcos de ladrillo D (apoyado directamente sobre la cimbra) y los macizos de hormigón M que, a la terminación, formarán la bóveda propiamente dicha.

En la construcción moderna las cimbras C hubieran apeado toda la bóveda y habrían tenido que ser, por tanto, muy resistentes y costosas. Aquí, por el contrario, las cimbras sólo soportan el esqueleto D de la bóveda. Esto supone una diferencia capital ya que la resistencia exigida a las cimbras disminuye al reducirse las cargas, pudiéndose emplear escuadrías más pequeñas, con un notable ahorro de madera.

El entramado resistente reviste y protege la carpintería provisional C; la cimbra, entonces, puede servir de molde al cuerpo de la bóveda sin tener que soportar su peso pues es la armadura de ladrillos la que hace su papel. Esta armadura es a la postre una cimbra permanente que, embebida en la masa de hormigón forma con ella un cuerpo único, colaborando en la solidez y conservación de la obra.

Puede objetarse que el ladrillo es más caro que el hormigón, y que la idea de reemplazar hormigón por ladrillos supone un incremento de coste, pero este aumento, en todo caso poco importante, queda compensado por el ahorro que supone en cimbras provisionales de madera.

Téngase en cuenta que en su construcción se usaban simples ladrillos —de grandes dimensiones— cuya fabricación era barata en los alrededores de Roma y su disposición en forma de retícula calada economizaba material; esta solución requiere casi la mitad de ladrillos que una envoltura continua que recubriera por completo la cimbra (lám. I).

Además, con frecuencia se limitaban a disponer encadenados aislados, como arcos perpiaños, embebidos en el espesor del hormigón (láms. II, III, VII, VIII, IX, X y XI); estos arcos transversales no estaban hechos de fábrica maciza, sino aligerados en todos los sentidos, y formaban una suerte de celosía que cubría estrechos tramos de bóveda.

Incluso, en algunos casos, para reducir más aún el gasto, en vez de formar el esqueleto con arcos de rosca de ladrillo, los romanos lo construían con ladrillos sentados de plano, formando sobre las cimbras una especie de embaldosado o tabicado curvo (lám. IV, 1). Este tabicado se doblaba a veces, pero entonces la segunda vuelta tenía carácter discontinuo (lám. IV, 3). Es imposible llevar más lejos el ahorro de material.

En cuanto al gasto de mano de obra, hay que decir que éste era menor del que podría imaginarse al ver las combinaciones ingeniosas, hasta rebuscadas, en las trazas de estas armaduras, ya que todo se ejecutaba de la manera más rápida, casi podría decirse que grosera.

Los obreros romanos, a fuerza de práctica, construían los nervios de ladrillo de las bóvedas de forma mecánica, apurando todas las posibilidades de economizar en tiempo y acabados que permitía la naturaleza del trabajo. Esta actitud se refleja en una ejecución precipitada y una incorrección formal muy grande. De hecho, para hacer inteligible el pensamiento de los constructores, he tenido que dibujar las armaduras con una regularidad que el examen de las ruinas desmentiría en más de una ocasión.

No obstante, no debemos achacar a los romanos una negligencia indiscriminada; esta manera apresurada de trabajar bordeando los límites de lo correcto, era desde su óptica más un mérito que un defecto. Salvo necesidad imperiosa, los romanos consideraban inútil gastar tiempo en las obras auxiliares; el aspecto tosco del esqueleto de las bóvedas no es más que una consecuencia lógica de su mentalidad constructiva. Si el esqueleto de ladrillos sólo debía sostener los hormigones durante su ejecución, para después quedar embebido en el interior de la fábrica, y si además las trazas de esta retícula resistente iban a desaparecer finalmente tras las espesas capas de enlucido que formaban la decoración, ¿qué sentido habría tenido una ejecución más cuidada? Las desmañadas armaduras de las bóvedas romanas eran suficientes; un acabado mejor habría supuesto un gasto superfluo.

Hay otra razón, más poderosa si cabe que la económica, que justifica la precipitación en la ejecución de las armaduras, y que comprenderemos mejor si mentalmente nos situamos ante la obra en plena construcción. Imaginemos que la fábrica de los muros se ha terminado ya y se acaban de colocar las cimbras. En este momento al arquitecto se le plantea un dilema: si continúa con la ejecución del hormigón de la bóveda se arriesga a romper las cimbras, pero si por el contrario, suspende la ejecución del hormigón hasta completar la armadura, deja temporalmente sin trabajo a las cuadrillas de trabajadores y esclavos. La única solución es apresurar la ejecución y terminar la armadura antes de que el hormigón empiece a cargar sobre las cimbras. Si AB (fig. 14) representa el nivel a partir del cual los hormigones cargan sobre la cimbra, será preciso que al alcanzarse este nivel los arcos de sostén estén ya cerrados, presentando el aspecto de la figura 14.

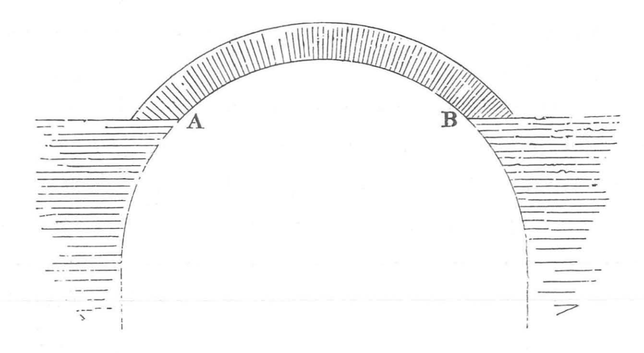


Figura 14. Bóveda romana en construcción. A partir del nivel AB el hormigón empezaría a cargar sobre la bóveda

Así, pues, había que acelerar la construcción de la armadura y terminarla antes de que se rebasase el nivel en el que la fábrica deja de sostenerse por sí misma. De ahí tanta precipitación, ya que el motivo era grave: procurar que los numerosos obreros que se encargaban de la ejecución de los hormigones estuviesen inactivos el menor tiempo posible.

Esta primera fase, en la que se levanta todo el armazón interior de la bóveda con gran rapidez, es el único momento crítico. Después, ya se podía terminar la bóveda sobre este esqueleto rígido, con la misma facilidad que si se tratase de un muro ordinario.

El descimbrado (operación muy delicada en otros sistemas constructivos) no pasaba de ser una operación ficticia que se realizaba sin peligro ya que, en realidad, era el propio esqueleto embebido en el hormigón el que soportaba el peso de la bóveda hasta el fraguado completo del mortero. La cimbra provisional de madera era un simple molde.

Ahora que tenemos una visión de conjunto del proceso de la construcción romana de bóvedas y las ventajas que de él se derivan puede hacerse una interesante observación. El empleo de las armaduras internas se basa en principios tan naturales que harán que las encontremos nuevamente en una arquitectura muy diferente en apariencia de la romana: la arquitectura francesa de la Edad Media. Ciertamen-

te las bóvedas nervadas de nuestras catedrales no se parecen a las bóvedas romanas ni en su aspecto exterior, ni en sus condiciones de equilibrio. Las primeras se sostienen en virtud de un juego sabio y complejo de empujes que se equilibran entre sí, mientras que la estabilidad de las segundas nace de la constitución monolítica de sus macizos de hormigón. Sin embargo, desde el punto de vista de los procedimientos de ejecución, la analogía es sorprendente y tanto más notable por cuanto puede ser fortuita. ¿Quién no ve en los nervios de la bóvedas medievales el equivalente de la armaduras antiguas? En un caso los nervios están construidos con ladrillo y embebidos en el hormigón; en el otro sobresalen y sostienen la plementería de sillarejo. Pero más allá de las diferencias de forma y material los nervios, embebidos o salientes, desempeñan el mismo papel durante la construcción. Independientemente del aspecto externo, lo que aparece como algo natural y de aplicación general es la construcción de las bóvedas sobre una segunda cimbra de fábrica. No me corresponde prejuzgar las aplicaciones que en el futuro podría engendrar esta ingeniosa idea, pero es indudable que el aprovechamiento que, sucesivamente, ha tenido en dos arquitecturas tan distintas prueba su fecundidad. Un estudio de las posibilidades que hoy día podría ofrecer esta solución merecería, ciertamente, toda la atención de nuestros constructores.

Para completar este estudio de las bóvedas a través de los monumentos, sería útil contrastar nuestras hipótesis con las indicaciones escritas que han llegado hasta nosotros. Desgraciadamente, las referencias concretas son muy incompletas y las alusiones resultan oscuras. Vitruvio cita varias veces las bóvedas pero no da ningún detalle sobre su forma de construcción. A lo largo de su tratado, no se encuentra un sólo pasaje que ilumine esta cuestión, que quizá sea la más importante de la construcción romana. Vitruvio sólo habla de bóvedas encamonadas y explica la forma de construirlas formando un entramado curvo triángulo de madera y cañizo, que después se enlucía con yeso. Sin embargo, de bóvedas auténticas no habla. ¿Se trata de una omisión deliberada o es el resultado de un mutilación de su obra? ¿O quizá es un reflejo del arte de construir en la época de Vitruvio? Personalmente me inclinaría por esta segunda hipótesis, la más probable si consideramos la fecha de construcción de las grandes bóvedas más antiguas.

A pesar de sus lagunas y de la oscuridad del texto, Vitruvio era una autoridad entre los romanos. Los escritores que le sucedieron se limitaron a reproducir de forma menos pesada y difusa, pero con frecuencia menos exacta, las enseñanzas

de su tratado. Por ejemplo, Plinio, que escribió en una época en la que las bóvedas con armadura de ladrillo estaban muy extendidas, no da ningún detalle sobre su construcción. El tratadista de agricultura Paladio y el anónimo comentador de Vitruvio guardan el mismo silencio sobre la construcción de bóvedas auténticas, extendiéndose como Vitruvio sobre los encamonados que simulan su forma sin tener ni su estabilidad, ni su resistencia.

A falta de una verificación documental de nuestras hipótesis, podemos al menos invocar el peso de la tradición. Los italianos de hoy son también muy cicateros a la hora de emplear la madera en el cimbrado de sus bóvedas; con frecuencia usan disposiciones como las de la figura 15.

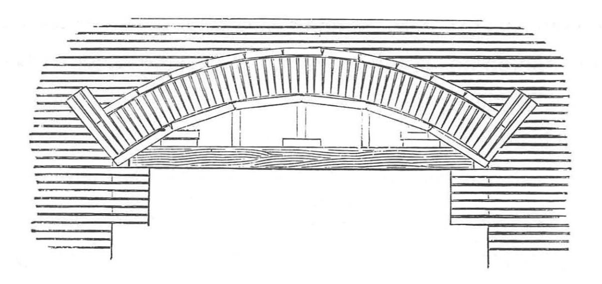


Figura 15. Cimbra italiana moderna

El equivalente de la cimbra permanente de los antiguos es aquí una hilada de ladrillos sentados de plano, que apoya sobre un rollizo de madera y algunos ladrillos puestos de canto a manera de calzos. Esta vuelta tabicada, sin embargo, se elimina normalmente después de descimbrar, práctica contraria a la de los antiguos romanos que normalmente la mantenían. No obstante, he podido encontrar también en Italia construcciones modernas cuyas bóvedas han conservado el tabicado curvo que les sirvió de encofrado.

En la figura 16 puede verse otro modelo de cimbra de ladrillo que sigue la misma idea. En los arranques la cimbra está formada por dos pilastras curvas y en la zona de la clave por un tímpano de ladrillo calado soportado por un puente de madera.

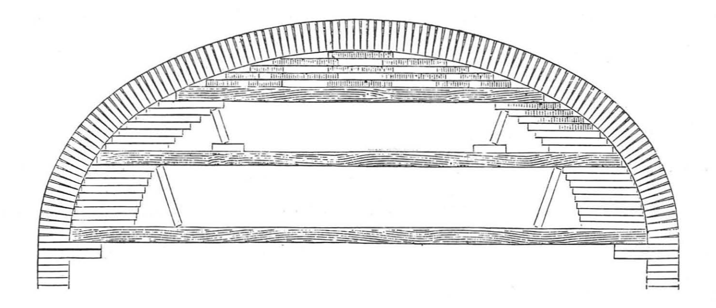


Figura 16. Cimbra italiana moderna

Un último ejemplo de este tipo de cimbras se ha dibujado en la figura 17. En este caso el armazón está formado por dos riostras de madera que se apoyan entre sí y soportan dos tímpanos irregulares de ladrillo que sostienen la bóveda durante la obra.

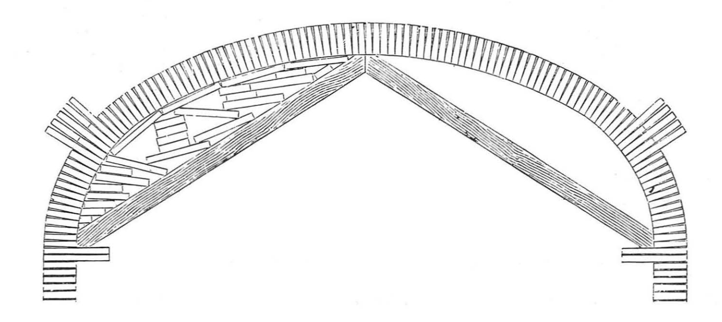


Figura 17. Cimbra italiana moderna

Probablemente ninguno de estos tres tipos de cimbras modernas responde exactamente a esquemas antiguos, pero creo que resulta imposible no reconocer una significativa coincidencia de principios. En ambos casos la madera se reduce al mínimo y los ladrillos juegan un papel importante, empleándose, por su economía y ligereza, para formar tabicados curvos o tímpanos calados.

A lo largo de este estudio encontraremos más de una analogía entre la construcción romana y la de la Italia moderna. Una mirada a los procedimientos actuales nos ayudará en más de una ocasión a comprender las prácticas antiguas que las ruinas no explican suficientemente, o servirá para apoyar determinadas hipótesis.

Pero volvamos a las armaduras romanas de ladrillo. Pueden dividirse, como se ha visto, en dos grupos: el primero comprende las soluciones basadas en el empleo de arcos o entramados de rosca de ladrillo con juntas convergentes; el segundo, aquellas que emplean tabicados de ladrillos sentados de plano. Examinaremos con detalle cómo se aplican ambas según las distintas clases de bóveda, empezando por las bóvedas de cañón.

Bóvedas con armaduras de rosca de ladrillo

En la construcción de las armaduras de rosca de ladrillo se emplean normalmente dos tipos de ladrillo: ladrillos cuadrados de dos pies romanos de lado (unos 60 cm) y ladrillos rectangulares de dos pies por medio pie (unos 15 cm).

Con los ladrillos rectangulares se construían arcos que se espaciaban dos pies a ejes, y se ataban dos a dos con los grandes ladrillos cuadrados, tal y como aparece en la figura 18.

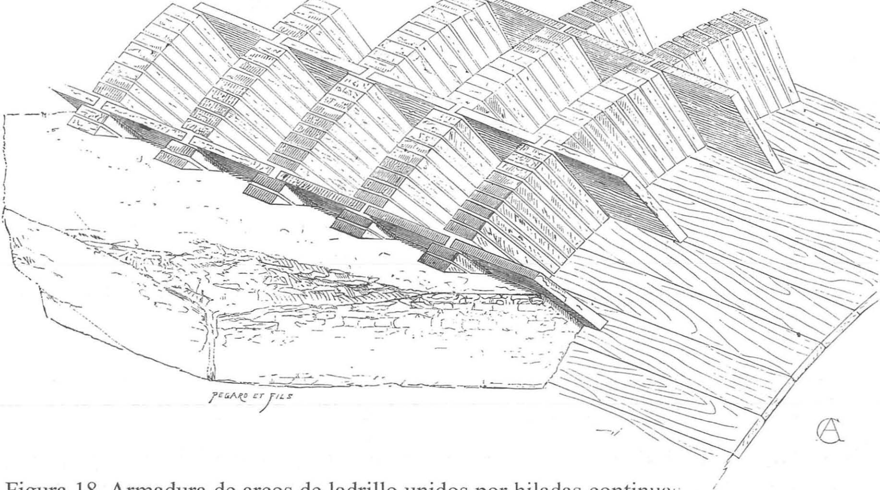


Figura 18. Armadura de arcos de ladrillo unidos por hiladas continuas

De esta forma se creaba un entramado calado sobre la cimbra de madera, que puede considerarse la armadura romana de rosca de ladrillo más característica.

A veces los ladrillos cuadrados que arriostran los arcos en vez de formar una hilada continua se contrapean, de manera que un mismo ladrillo abraza los dos arcos que une, como puede verse en la figura 19.

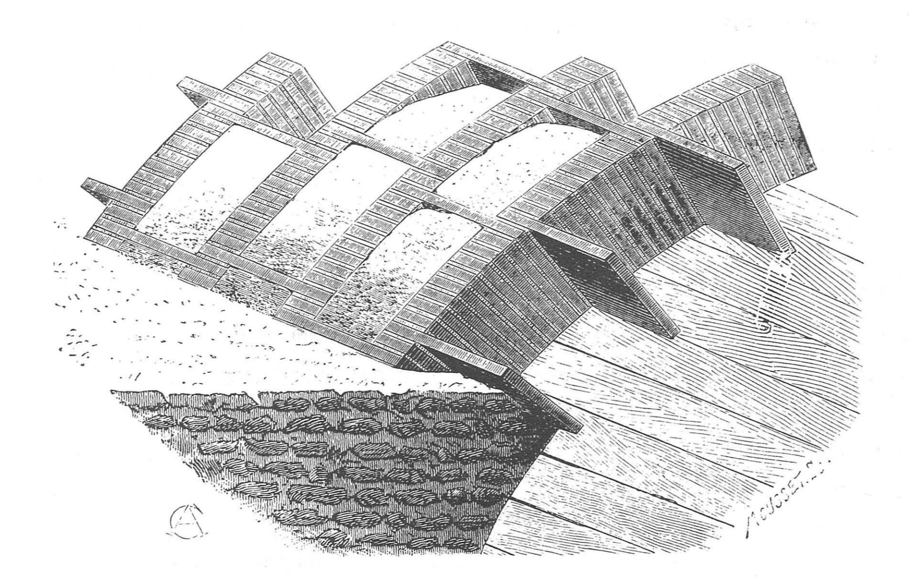


Figura 19. Armadura de arcos de ladrillo unidos por hiladas contrapeadas

Hay que decir, sin embargo, que esta variante es rara, y parece fruto de un trabajo negligente. Esta disposición es defectuosa por partida doble. En primer lugar, porque con la misma cantidad de material se cubre una porción menor de bóveda; en segundo lugar, porque los casetones resultantes son más estrechos y difíciles de rellenar con hormigón.

Quizás su estabilidad crezca un tanto al aumentar el número de arcos, pero la solución precedente ya parecía garantizada suficientemente incluso para las bóvedas más grandes. En general, los romanos sacrificaron esta teórica ventaja (un pequeño aumento de resistencia) en favor de consideraciones más importantes de economía y ligereza.

Encontramos una de las aplicaciones más notables del primer tipo de bóvedas en una de las salas del palacio de los Césares en Roma, edificio que forma parte del conjunto que rodeaba al Circo Máximo. Se ha dibujado esta bóveda en la lámina I donde, para que se comprenda mejor su organización y el acuerdo con los apoyos, se han realizado varios cortes y vaciados. El dibujo muestra todos los pormenores de su construcción reuniendo lo expuesto hasta el momento sobre las bóvedas y la constitución de los hormigones romanos. Nótese la semejanza entre la construcción de los macizos de las bóvedas y la de los machones de soporte: la horizontalidad de las hiladas del hormigón de la bóveda, así como la existencia de una retícula de ladrillo en el intradós del cañón, que sustituye a los revestimientos de ladrillos triangulares de los muros.

Se trata quizá del tipo más acabado de armadura romana, ya que el entramado de ladrillo es a la vez rígido y continuo. Sin embargo, exigía una cantidad de ladrillos que podía parecer excesiva. De hecho, los romanos se fueron alejando poco a poco de este tipo pasando de la máxima continuidad a la discontinuidad completa, de una retícula a un sistema de arcos independientes. A continuación intentaré exponer la secuencia de estas variantes o simplificaciones. Quede claro, sin embargo, que, al seleccionar los ejemplos que siguen no se pretende restituir la evolución histórica de los hechos y el desarrollo real que sufrieron los distintos métodos. Dado el desconocimiento de la fecha de construcción de las bóvedas elegidas y el estado actual de los conocimientos arqueológicos, sería una temeridad intentar descubrir la filiación verdadera de las ideas constructivas romanas. Me propongo explicar, simplemente, cómo detrás de esa diversidad de formas existe un pensamiento dominante que guió las principales disposiciones del esqueleto permanente de las bóvedas romanas.

Hecha esta precisión, si comparamos la bóveda de la lámina I con las que aparecen en las láminas II y III a la misma escala,[1] descubriremos cómo todas nacen de una misma idea general que alcanza su mejor expresión en la bóveda representada en primer lugar, la del Palatino (lám. I).

En la primera figura de la lámina II los arcos no están conectados por grandes ladrillos, ni éstos forman una celosía regular; la mayor proximidad de los arcos los hace innecesarios. El armazón de la bóveda se ha reducido a una serie de costillas independientes, de 15 cm de ancho (medida en el sentido de las generatrices de la bóveda), cuya separación supera la distancia que podría salvarse mediante los la-

drillos romanos corrientes. Aunque el espacio entre los arcos no está subdividido en celdas, los ladrillos cuadrados intercalados entre los rectangulares sobresalen formando una especie de dientes o adarajas. No llegan a dividir el intervalo en celdas separadas pero su proximidad basta para eliminar los inconvenientes de la discontinuidad. Cada arco de sostén aislado presentaría el aspecto de la figura 20.

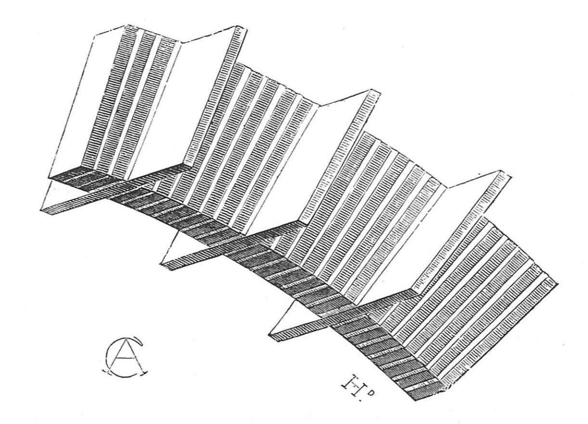


Figura 20. Detalle de una armadura de arcos independientes

Los dientes que forman los ladrillos grandes sostienen de alguna forma los hormigones de relleno impidiendo que carguen sobre las cimbras. Al menos es evidente que la adherencia del relleno con estos dientes transmitirá a los arcos de sostén la mayor parte de la carga. Esta bóveda representa un primer esfuerzo de los constructores por liberarse de los gastos y complicaciones de una retícula completa, manteniendo sin embargo casi todas las ventajas de la continuidad. La bóveda pertenece a las arcadas de un acueducto atribuido a Nerón, cuyas ruinas penetran en los muros de los jardines que bordean el acceso a la iglesia de San Esteban Rotondo en Roma.

La disposición constructiva que muestra el dibujo no es fácil de ver in situ, ya que el hormigón está hecho a base de cascajos cerámicos del mismo color que los ladrillos de la armadura, cuya construcción es tan tosca que es preciso saber de su existencia para poder seguirla con la vista a través de esa especie de ganga uniforme. Tampoco su estado ruinoso y, sobre todo, su bárbara construcción ayudan a percibirla claramente. Ya dije al principio que para explicarme con claridad ten-

dría que dibujar las armaduras como más regulares de lo que son. Esta licencia se justifica plenamente en el caso de este curioso acueducto, pues en ningún otro monumento se aprecia mejor la importancia que los romanos daban a la rápida construcción de sus armaduras.

En este ejemplo que acabamos de mencionar los arcos aislados se construían con facilidad, pero no serían muy estables ya que su pequeño ancho (unos 15 cm) los haría susceptibles de deformarse por flexión lateral o pandeo. Los romanos, para remediar la insuficiencia de sección emparejaban los arcos, sustituyendo la disposición de la figura 20 por la de la figura 21.

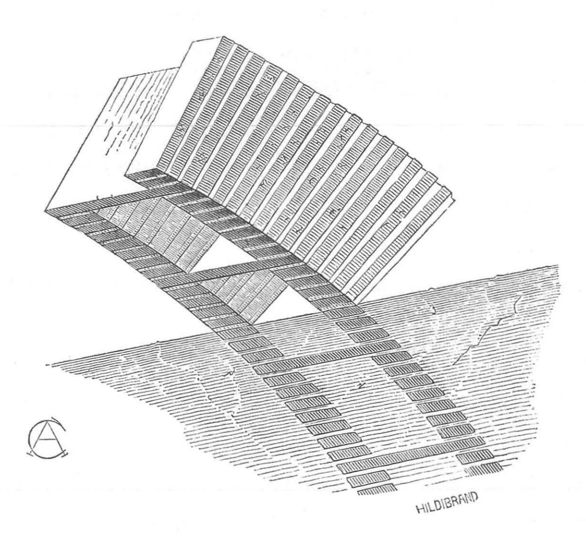


Figura 21. Arcos de ladrillo pareados

Un nervio formado por dos arcos pareados de esta forma no es sino una franja de una retícula como la del Palatino. El agrupamiento de los arcos reduce las posibilidades de pandeo lateral, y esto hizo que se aplicaran en un gran número de edificios, entre los que podemos citar el Coliseo: la figura 2, en la parte superior de la lámina II, corresponde a una de las galerías que circundan al anfiteatro. El dibujo muestra dos galerías paralelas y contiguas, de aproximadamente la misma luz. Nótese que mientras una de ellas se construyó sobre armadura de ladrillo, la otra se construyó vertiendo el hormigón directamente sobre las cimbras. Así pues, los ar-

quitectos del Coliseo no emplearon de forma sistemática el modo de construcción que nos ocupa. El Coliseo es como un inmenso compendio del arte de construir romano en el que encuentran aplicación todos los procedimientos constructivos. Sea porque las bóvedas se construyeron en épocas diferentes, sea que la construcción se dividió entre distintos maestros de obras, el hecho es que en este edificio hallamos los métodos más dispares, a veces incluso en una misma bóveda.

No obstante, lo normal es que las bóvedas de cañón se ejecutasen sobre arcos de ladrillo con la forma y distribución que se muestran en el dibujo. Por otra parte, ninguna ley, ni siquiera constructiva, rige la distribución de estos nervios: pueden nacer a la altura de los arranques o a un nivel mucho más elevado; sus ejes pueden coincidir con los del edificio o, como sucede en el dibujo de la lámina II, apoyar excéntricamente sobre los salmeres situados encima de las pilastras.

Esmerándose un poco, los arquitectos hubieran podido emplear estos arcos como un elemento decorativo para sus bóvedas; pero prefirieron no complicarse con una ejecución demasiado lenta y disimular después las irregularidades de la estructura bajo un espeso enlucido. La mayor parte de las armaduras que estudiaremos a continuación presentan «descuidos» similares. Pero antes de seguir, conviene analizar detenidamente cómo soportan el hormigón los sistemas que acabamos de describir.

No es difícil imaginar la armadura de ladrillos del Palatino (lámina I) sirviendo de cimbra durante la construcción de la bóveda, como una retícula uniforme que soporta una carga repartida, nada más lógico. Incluso en el acueducto de Nerón (lám, II, fig. 1) donde los arcos están tan cerca unos de otros y los ladrillos grandes forman unos dientes que casi se tocan entre sí, podemos pensar que la armadura de ladrillo soporta una gran parte del peso de los hormigones de la bóveda en construcción.

Pero, ¿podemos decir lo mismo cuando la armadura se reduce a un sistema de arcos transversales independientes y separados unos tres metros entre sí? ¿No es más lógico pensar que los arcos soportan sólo el hormigón que descansa directamente sobre ellos y que el resto del hormigón, todavía semifluido, apoya directamente sobre el entablado de las cimbras? Veamos la forma de evitar que esto suceda. Imaginemos (fig. 22) una bóveda de arcos embebidos cortada por un plano horizontal, es decir con el aspecto que tendría si se hubiera interrumpido su construcción, y sean D y E dos de sus nervios de sostén.

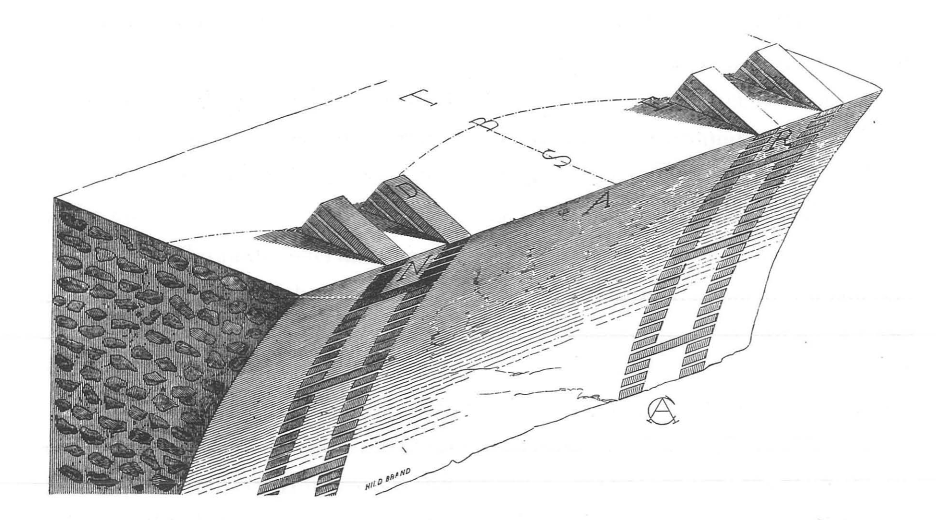


Figura 22. Funcionamiento de una bóveda sobre arcos embebidos independientes

Es evidente que los arcos podrían soportar el peso de los hormigones, a pesar de la distancia que los separa, si cada una de sus tongadas horizontales en vez de terminar según la recta NAR terminase formando un arco como el DBE.

Este efecto se produciría siempre que el arco DBE tenga una flecha AB suficientemente pronunciada, independientemente de la irregularidad de los materiales que componen las hiladas del hormigón. Podemos, pues, imaginar cada hilada del hormigón dividida en dos partes. La primera, por encima del arco DBE, se sostendrá por sí misma apoyándose en los nervios D y E, como si se tratase de un arco de descarga horizontal. La segunda parte, S, entre la curva DBE y el intradós, estará como suspendida de la anterior debido a la adherencia que los morteros presentan desde su colocación.

Esta interpretación, al tiempo que obvia los problemas del espaciado de las armaduras, explica la irregularidad y poco espesor que parece tener el entablado del forro de las cimbras, incluso cuando los arcos de ladrillo estaban muy separados: a juzgar por la huella que estas maderas han dejado impresas en el hormigón en numerosos sitios, se trataba de simples ripias, largas tablas delgadas e irregulares, dispuestas casi al azar sobre los cuchillos de las cimbras. Su papel no era soportar

los hormigones, sino servirles de molde; como máximo habrían tenido que soportar hasta el fraguado de los morteros, el peso insignificante de la parte S del dibujo teórico anterior (fig. 22).

El mismo sistema de arcos aislados se encuentra aplicado a mayor escala en la basílica de Constantino (lám. III) cuyas bóvedas, en vez de cubrir galerías de unos 5 metros de diámetro, tienen una luz que supera los 23 metros, casi el ancho de la nave de San Pedro de Roma.

Un vano así exigía dotar a las bóvedas de una armadura de resistencia excepcional. El arquitecto, ante el temor de que arcos simples como los del Coliseo fuesen insuficientes, optó por duplicarlos de manera que las cadenas de sostén en la basílica de Constantino se componen de dos arcos perpiaños de ladrillos encajados uno sobre el otro (lámina III, y fig. 24 en el texto).

Esta idea de duplicar la armadura para adecuar su resistencia al gran tamaño de las bóvedas era completamente natural. Cabe preguntarse, no obstante, si no hubiera sido mejor en lugar de superponer los arcos, yuxtaponerlos y trabarlos entre sí. De esta forma, sin aumentar la cantidad de ladrillos, se habría revestido una mayor superficie del intradós, aumentando además la base de los nervios y mejorando, en consecuencia, su estabilidad. Es cierto, pero en esta nueva disposición, (que no afecta al gasto de ladrillos) el coste de la cimbra provisional de madera es mayor. Cuando dos arcos se encajan y superponen como en la basílica de Constantino, sólo se necesita la cimbra para el primer arco, disponiendo después el segundo sobre él. Si por el contrario, en vez de encajarse uno sobre otro, se los hubiese emparejado, habrían cargado a la vez sobre la cimbra M, y como pesan prácticamente lo mismo, hubiera sido necesario duplicar la resistencia de dicha cimbra. Por tanto, de cara a la economía de las obras auxiliares, resulta ventajoso, proceder como lo hacían los romanos, construyendo cada nervio con dos roscas superpuestas de ladrillos.

Queda por ver si esta solución no representa un peligro de pandeo lateral para la pieza. Ciertamente, un arco de 23 metros de luz y 0,60 metros de ancho entre cabezas habría colapsado inmediatamente después de descimbrarse. Sin embargo, las armaduras de las bóvedas de hormigón no empiezan a cumplir su función resistente nada más terminarse, ya que descansan todavía sobre el forro de la cimbra. Será cuando los hormigones de relleno empiecen a cargar sobre ella cuando deba presentar una seguridad suficiente a compresión y pandeo lateral. Teniendo

esto en cuenta nuestro punto de vista es que, efectivamente, dos arcos de 0,60 metros de ancho serían holgadamente suficientes. Veamos por qué.

Al principio, mientras los macizos de hormigón se sostienen por sí mismos, la armadura no corre ningún riesgo, encajada como está entre los cajones de madera que sirven de molde para los casetones octogonales de la bóveda (lámina III y figura 25 en el texto).

Más tarde el hormigón empieza a cargar sobre la cimbra progresivamente, primero muy despacio y luego con mayor rapidez a medida que el nivel del hormigón se acerca a la clave. Pero en el instante en que las cargas empiezan a actuar la luz AB del arco resistente es mucho menor que la del cañón completo (fig. 23). Además, a medida que se eleva el nivel de los hormigones, esta luz, correspondiente a la parte de armadura todavía sin cubrir, disminuye, de manera que la resistencia de la armadura crece al mismo tiempo que las cargas. Así, pues, es muy probable que cuando los hormigones superiores precisaran su sostén, la luz libre de los arcos fuera tal que la resistencia de la armadura se adecuara a la energía de los empujes.

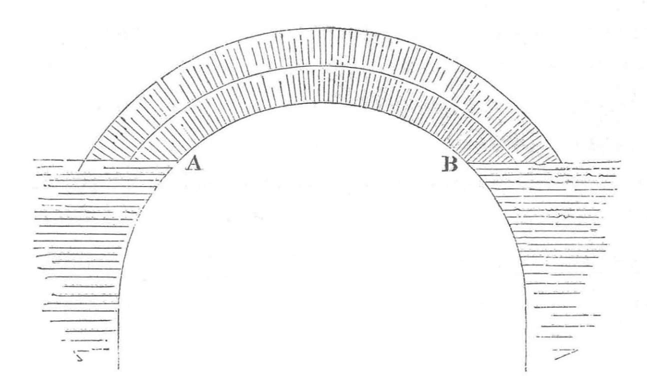


Figura 23. Empleo de arcos dobles en la armadura de ladrillo

En una palabra, la solidez de los nervios y su seguridad al pandeo crecía a medida que la luz AB disminuía, esto es, a medida que la resistencia se hacía más necesaria. Así se explica que se hayan podido utilizar arcos tan delgados en la construcción de una de las bóvedas más colosales de la antigüedad. Se trata, sin duda, de uno de los logros más notables de los constructores romanos.

Si la estructura de la bóveda es irreprochable, hay que reconocer, sin embargo, que los casetones que decoran la bóveda concuerdan poco con los arcos que sirvieron para construirla. En las figuras 24 y 25 se muestra un detalle de los nervios de la basílica de Constantino.

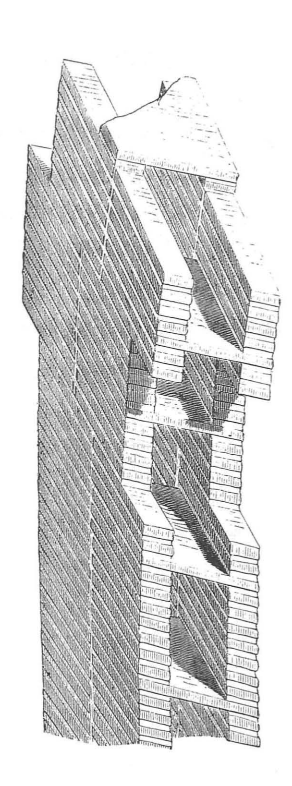


Figura 24. Nervio de la basílica de Constantino, aislado

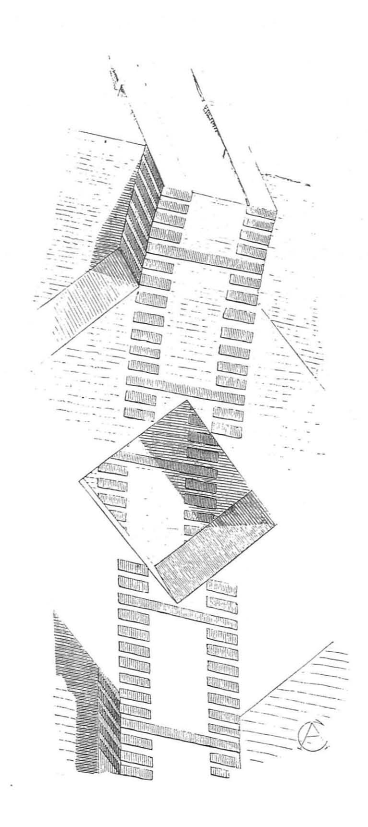


Figura 25. Nervio de la basílica de Constantino, embebido en hormigón

La figura de la izquierda muestra un nervio aislado; en la de la derecha se muestra el mismo nervio embebido en el hormigón. Como puede verse en la lámina III, los nervios discurren, de manera coherente, entre los grandes casetones de la bóveda. Sin embargo, los arquitectos que decoraron el edificio decidieron decorar los espacios entre los grandes casetones octogonales con pequeños huecos cuadrados, un capricho que obligaba a recortar los nervios (fig. 25). Esta dificultad se

salvó por un método que, a primera vista, puede parecer extraño, pero que creo es constructivamente lícito.

Ciertamente, dar a un edificio una forma que contradice su construcción, disimular un esqueleto necesario para el equilibrio de las masas, nos parece reprobable. Se trataría de una mentira manifiesta que ofende la razón.

Pero, ¿somos justos al afirmar que lo que los romanos ocultaban al espectador era realmente una parte esencial de la estructura? No lo creo. La armadura de una bóveda romana es sólo un simple artificio para construir la bóveda. Una vez ha fraguado el hormigón pierde su valor y su función, deja de existir individualmente y pasa a formar parte de la bóveda. A partir de este instante, para el arquitecto romano no hay distinción entre esqueleto y relleno, sólo ve una masa concrecionada. No tiene, por tanto, que expresar en la decoración una diferencia que, para él, ha dejado de existir.

Los romanos dejaron visto el esqueleto de sus bóvedas en muy raras ocasiones. Por lo que sé, sólo la bóveda de cañón del templo de Venus y Roma presenta una concordancia perfecta entre forma y esqueleto. Desgraciadamente, toda la parte superior de esta excepcional bóveda ha desaparecido y los restos de la parte inferior son tan incompletos y están tan deteriorados que la restitución ha de ser, necesariamente, hipotética. El examen de la bóveda nos ha sugerido el detalle constructivo de la figura 26, pero éste no ha de tomarse como cierto sino como muy probable.

Los casetones eran cuadrados y los nervios formaban una retícula continua en dos direcciones, con grandes huecos limitados por líneas horizontales y secciones rectas del cañón. Aunque el ancho de estos nervios es menor que en la basílica de Constantino, son completamente macizos en vez de tener la estructura alveolar tan corriente en los edificios romanos.

La construcción de esta especie de costillas de ladrillo que sobresalen del intradós se explica por sí misma. Los nervios de ladrillo habrían formado junto con los moldes del encasetonado, probablemente de madera, una estructura resistente. En efecto, los nervios horizontales arriostran los arcos transversales y ambos, unidos además por los moldes, constituían una bóveda ligera, parte de ladrillo y parte de madera, con un papel de sostén análogo al reticulado continuo de ladrillo de la lámina I.

Pero la concordancia exacta entre forma y construcción que exhibe no deja de

ser accidental, pues el arquitecto no estaba obligado a usar los elementos de ladrillo como ornamentación, y no supone un genuino avance en este sentido.

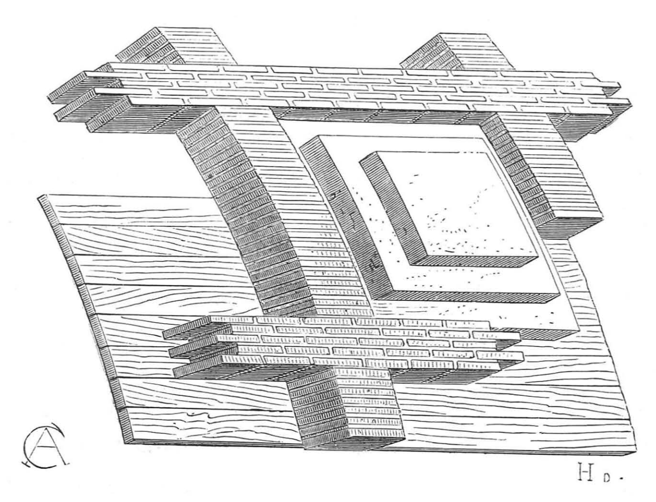


Figura 26. Construcción de la bóveda del templo de Venus y Roma

Con esto cerramos los principales tipos de armadura de rosca de ladrillo. La visión de conjunto nos permite ahora apreciar la utilidad y seguridad que ofrecen en la construcción de bóvedas.

Pero, ¿no habrá al lado de estas ventajas también peligrosos inconvenientes, no forman esas cadenas de ladrillo embebidas en el espesor de las bóvedas un núcleo rígido que, inmersos dentro de los hormigones todavía húmedos, impide los movimientos de una fábrica que se comprime, produciendo grietas o fisuras? Si esto hubiese sucedido así realmente, estas armaduras que facilitaban la construcción de las bóvedas, quizá hubieran preparado o acelerado su ruina.

Afortunadamente, las cosas sucedían de manera diferente: las bóvedas no son masas de hormigón que se vierten de una vez, y el proceso de construcción por hiladas horizontales sucesivas muy delgadas reduce considerablemente el riesgo de la retracción, ya que cada capa adquiere con rapidez su volumen definitivo. El asiento se produce de hilada en hilada y esto evita movimientos de conjunto que podrían producir agrietamientos. Esta observación es también válida para el nuevo molde de construcción que estudiaré a continuación.

Bóvedas sobre armaduras tabicadas

Las armaduras de arcos, como las de la basílica de Constantino, tenían la ventaja, en relación con las de retícula continua de la lámina I, de cumplir satisfactoriamente su función de soporte con un gasto menor de ladrillos. Sin embargo, a igualdad de precio, la ejecución sobre una armadura continua es más cómoda. Parecía, pues, natural buscar una organización constructiva que aunase las ventajas del sistema anterior con las que se derivan de una superficie portante de continuidad perfecta. Probablemente éste sea el origen del segundo tipo de armadura que se encuentra en las bóvedas romanas.

Para construir esta nueva armadura se colocaba sobre el forro convexo de las cimbras una capa de grandes ladrillos cuadrados (de 60 cm de lado y 4 a 5 cm de espesor) sentados de plano. Los ladrillos, recibidos con yeso o con un mortero de fraguado rápido, formaban una envoltura continua y delgada, una especie de embaldosado curvo o tabicado que se adaptaba a la forma del intradós.

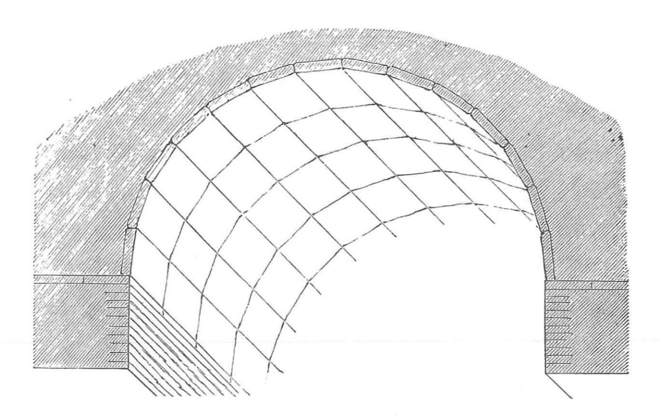


Figura 27. Armadura tabicada

Aunque a veces este tabicado bastaba para formar la armadura de la bóveda, lo normal era doblarlo con otro semejante de ladrillos de menor tamaño sentados sobre un lecho de yeso o mortero. Las dos vueltas así superpuestas formaban sobre

la cimbra una especie de cáscara protectora. Pero esta bóveda ligera (ABCDE en la fig. 28), no se podía descimbrar inmediatamente tras su terminación, pues corría el riesgo de colapsar (fig. 29).

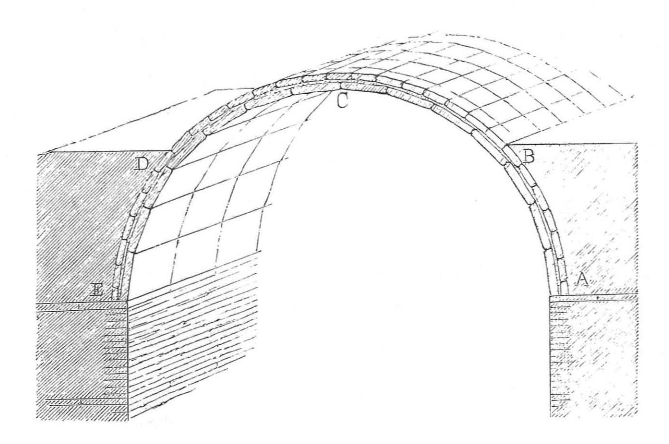


Figura 28. Construcción de una bóveda tabicada doble

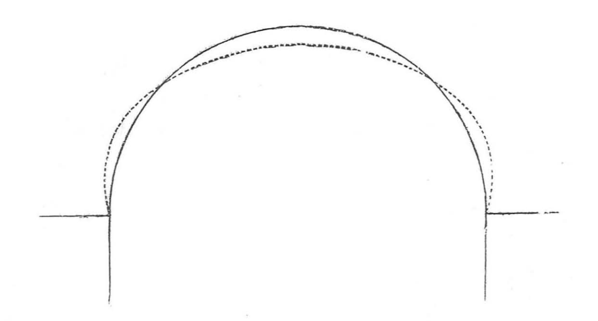


Figura 29. Deformación de una bóveda semicircular delgada, por su propio peso

El problema no residía en el pequeño espesor de la cáscara sino en su forma semicircular, ya que para que las bóvedas tabicadas sean estables deben cumplir la doble condición de presentar un perfil circular muy rebajado y estar construidas entre estribos rígidos.

Estas bóvedas de medio punto se estabilizaban adosando a los riñones (AB y DE en la fig. 28) un relleno que impide su flexión y, por consiguiente, el hundi-

miento de la bóveda. A medida que se elevaba este relleno la cáscara ganaba en rigidez, llegando finalmente a ser capaz de soportar el peso de todo el hormigón.

Esto ocurría cuando las primeras hiladas de hormigón, que no precisan cimbra, recubrían el tabicado hasta un nivel BD (fig. 28), momento en el que el sector portante, el arco BCD, presentaba ya una estabilidad excelente, y se podía pensar, incluso, en retirar la cimbra de madera para trasladarla a otro punto. Procediendo así, la bóveda podía construirse por franjas, empleando siempre la misma cimbra.

Los romanos emplearon este sistema en más de una ocasión, como lo demuestra el que las juntas, en vez de estar encontradas, estén alineadas y los ladrillos, dispuestos como los cuadros de un damero (fig. 27), una colocación que se adecua perfectamente a la construcción por franjas. De haberse aparejado con juntas encontradas, cada rebanada habría formado un dentado o adaraja difícil de encajar con la siguiente, inconveniente que los romanos eludían haciendo las rebanadas independientes.

Por otro lado, se ahorraba cimbras, pues el armazón provisional sólo era necesario para soportar el peso del primer embaldosado. La vuelta de ladrillo servía para construir la segunda, formando juntas una cáscara rígida capaz de resistir el peso del hormigón.

En la siguiente figura (fig. 30) se ha dibujado un fragmento de bóveda que explica mejor lo que se pretendía con el empleo de ladrillos sentados de plano. El ejemplo está tomado del mayor edificio construido con este sistema, las termas de Caracalla.

En este caso, la primera vuelta está formada por ladrillos cuadrados de 2 pies (60 cm) de lado y 4 a 5 cm de espesor. La segunda vuelta se compone de ladrillos, también cuadrados, pero mucho más pequeños, su lado es de dos tercios de pie romano o unos 20 cm. Se observará que algunos ladrillos de esta segunda vuelta están sentados de canto, a modo de tizones sobre el trasdós de la armadura.

El proceso de construcción de esta estructura singular es fácil de intuir. Sobre los cuchillos de la cimbra se clavarían tablas que, en vez de formar un forro continuo, se separaban dos pies a ejes, y sobre las que se colocaban muy rápidamente los grandes ladrillos cuadrados. De esta forma, se obtenía un forro de madera para la cimbra ancho y poco costoso, que permitía hacer el primer tabicado con gran rapidez.

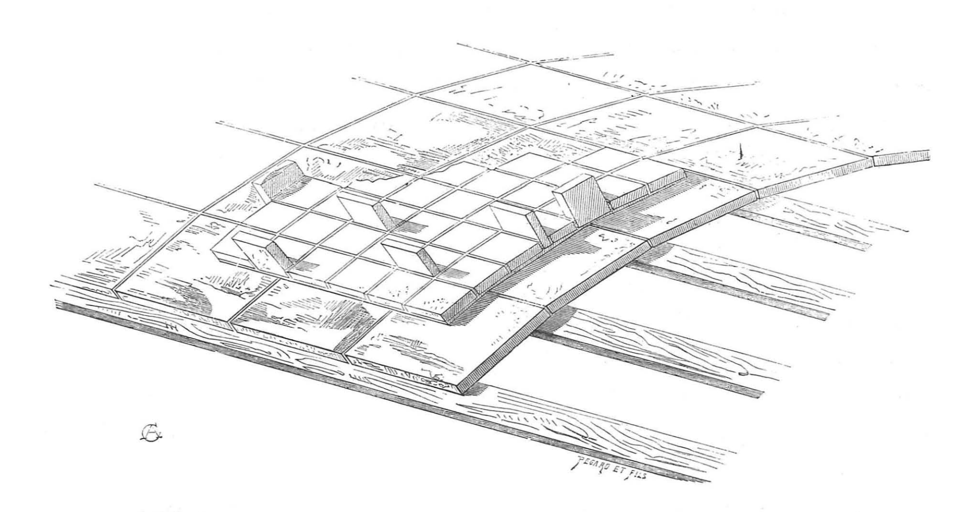


Figura 30. Construcción de una armadura tabicada (termas de Caracalla)

Terminada esta primera vuelta, la segunda podía ejecutarse con menor precipitación utilizando, casi sin excepción, ladrillos más pequeños. Sólo conozco un caso en el que las dos capas se construyeron con ladrillos grandes, el Panteón de Roma (ver las bóvedas que cubren los huecos del tambor en la lámina XIII). Pero aquí con la segunda vuelta se buscaba, como veremos, proteger las juntas de la primera y a tal fin los ladrillos de 20 cm de lado resultaban muy adecuados.

No bastaba, sin embargo, con que las armaduras soportasen el hormigón, había que asegurar su adherencia de manera que tras el descimbrado formasen un cuerpo único, continuo y coherente. Esto explica los ladrillos a tizón empotrados a intervalos sobre la vuelta superior (fig. 31). El empotramiento impedía el vuelco de los ladrillos; en ocasiones, por ejemplo en la villa Adriana, para mejorar este efecto se adosaban a los tizones unos topes de ladrillo, como puede verse en la figura 31.

Los dibujos precedentes nos han mostrado las bóvedas en el momento de su construcción. En las ruinas estas soluciones se pueden apreciar sólo parcialmente, ya que en muchos casos, los tabicados han desaparecido casi por completo, conservándose sólo en la zona más protegida de los arranques. Lo más habitual es que hacia la mitad de las bóvedas la cáscara de ladrillo se haya hundido, aunque

las huellas dejadas en el hormigón permiten adivinar su disposición primitiva. En estas zonas sólo se conservan los tizones que sobresalen ligeramente de la superficie del hormigón (lám. IV, 2); en otros lugares encontramos topes y tizones embebidos en el hormigón pero del resto de la armadura sólo quedan fragmentos.

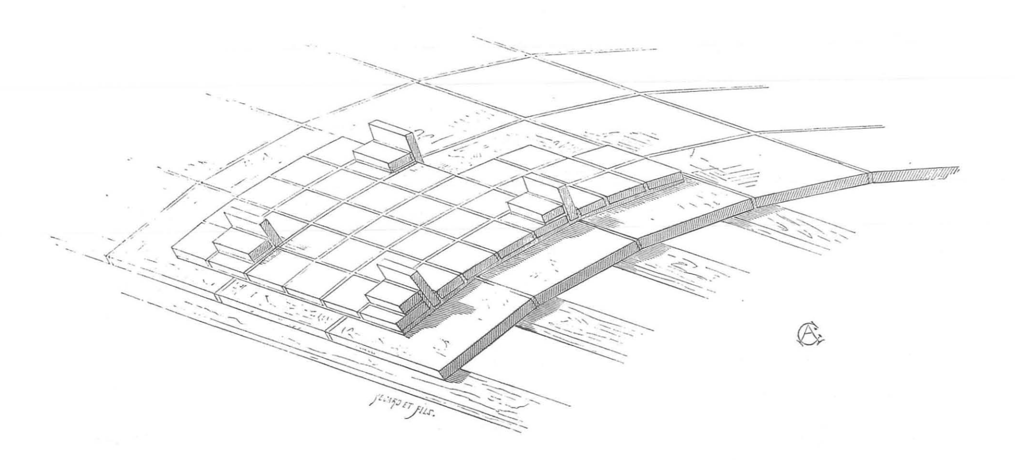


Figura 31. Empleo de topes de ladrillo para asegurar los tizones (villa Adriana)

En resumen, los romanos al emplear armaduras tabicadas de ladrillo perseguían dos objetivos: 1) ofrecer un soporte rígido y continuo para los hormigones; y 2) establecer una unión sólida y duradera entre la armadura y el hormigón. Hemos visto cómo las armaduras de dos construcciones célebres, la villa Adriana y las termas de Caracalla, cumplían esta doble condición. Pero las armaduras de estas bóvedas colosales se simplificaban considerablemente cuando se aplicaban en situaciones más corrientes para conseguir las mismas ventajas con un gasto menor. A continuación estudiaremos las distintas variantes que imaginaron los romanos para conseguir una mayor economía, sea en el material o en la mano de obra.

La variante que menos se aparta de los dos ejemplos anteriores se ha dibujado en la figura 32.

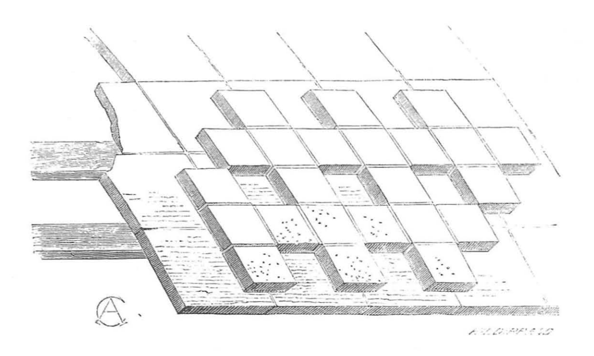


Figura 32. Doblado aligerado de ladrillo que cubre todas las juntas

La primera vuelta tabicada es continua, pero la segunda se ha reducido a una retícula que cubre sólo las juntas. Este sistema se aplicó en algunas salas del palacio de los Césares y, a juzgar por las huellas, también en las bóvedas de las Siete salas (lám. IV, 4), una cisterna cercana a las termas de Tito. El aparejo de la segunda vuelta permitía ahorrar ladrillos y procuraba una buena unión entre la armadura y el hormigón de la bóveda.

En ocasiones los constructores fueron todavía más lejos: en lugar de tapar todas las juntas de la primera vuelta, se limitaron a cubrir las que son perpendiculares al eje de la bóveda (fig. 33).

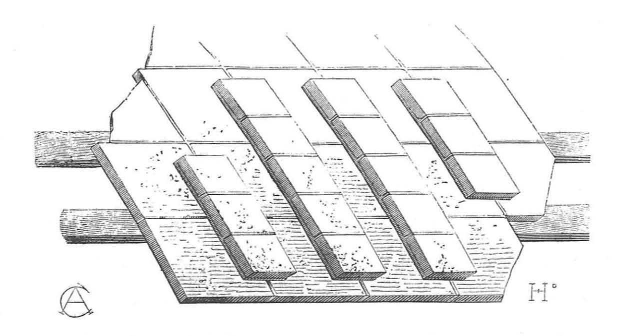


Figura 33. Doblado de ladrillo cubriendo las juntas normales al eje de la bóveda

La armadura ofrece aquí el aspecto de una cáscara continua reforzada por nervios de resalto transversales formados por los ladrillos más pequeños que servían de refuerzo y tapajuntas.

Encontramos esta organización en numerosas tumbas de la vía Apia. En la lámina IV, 3 se describe una de las tumbas mejor conservadas. Los ladrillos de la primera vuelta son de un pie y medio de lado (45 cm); los que forman los nervios, dispuestos a matajunta, tienen sólo 22 cm de lado pero como el yeso que sirvió para recibir estos ladrillos ha desaparecido resulta difícil encontrar las trazas de estos nervios. Se ven con mucha más claridad en la villa llamada de los Quintili situada a la izquierda de la vía Apia, no lejos de la tumba que acabamos de citar.

La idea de encomendar a la segunda vuelta un papel de simple cubrejuntas, aparece expresada más claramente en otros monumentos de la vía Apia. Aquí, los ladrillos, en vez de formar un envoltorio continuo, se disponen aislados tapando la unión de cada cuatro ladrillos contiguos, protegiendo precisamente los puntos más expuestos a golpes o concentraciones de presión (fig. 34).

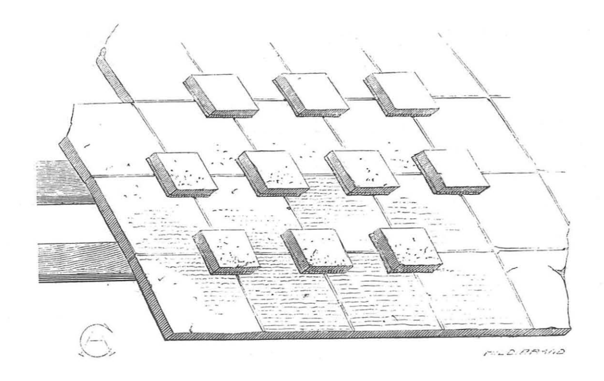


Figura 34. Tabicado simple con ladrillos en las esquinas de encuentro

Para llevar la economía todavía más lejos, llegaban a suprimir por completo la segunda capa construyendo también bóvedas sobre un tabicado de una sola vuelta. No obstante, este caso se dio raramente; sólo he podido encontrar un ejemplo en el circo llamado de Majencio, fuera de la puerta de San Sebastián (lám. IV, 1), donde las bóvedas que soportan los graderíos presentan un tabicado simple de ladrillos de gran tamaño.

Las armaduras tabicadas se emplearon con profusión en las bóvedas romanas. Las encontramos tanto en las bóvedas de cañón como en otras formas más complejas, cubriendo grandes espacios como en las termas de Caracalla o en las galerías estrechas de los acueductos más insignificantes. En este último caso, el tabicado puede reducirse incluso a dos grandes ladrillos cuadrados (60 cm) apoyados entre sí, como sucede en las numerosas galerías de conducción de agua que desembocan en la arena del Coliseo (fig. 35).

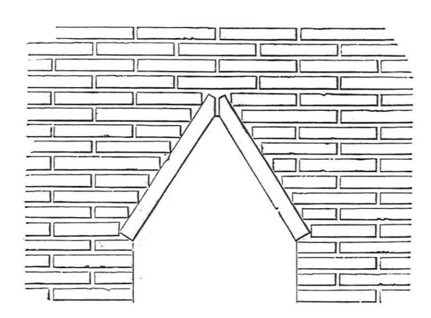


Figura 35. Armadura pequeña, formada por dos ladrillos apoyados (Coliseo)

Otras veces, en lugar de colocar dos ladrillos en arco se disponía uno sólo horizontal (véase el detalle en la lámina XIII).

Las armaduras tabicadas se usaron, no sólo para sostener bóvedas de hormigón, sino también, de forma sistemática, como cimbra para construir arcos aislados de rosca de ladrillo. Como ejemplo podemos citar los pórticos del anfiteatro situado cerca de la iglesia de la Santa Cruz de Jerusalén. También pertenecen a este tipo los arcos de un acueducto de las termas de Caracalla.

Finalmente, quisiera llamar la atención sobre las cuatro grandes bóvedas adosadas al gran espacio central de las termas de Caracalla. Estas bóvedas son de rosca de ladrillo, caso único entre las grandes bóvedas romanas que he visitado en Italia. El hormigón que trasdosa las bóvedas está formado por hiladas alternas de grandes ladrillos y cascajos cerámicos recibidos con mortero. En la lámina V donde se ha dibujado una de estas bóvedas puede verse cómo la fábrica de rosca de los cañones descansa, como lo hace el hormigón de la bóveda central, sobre un tabicado doble idéntico a los descritos anteriormente excepto por la ausencia de tizones.

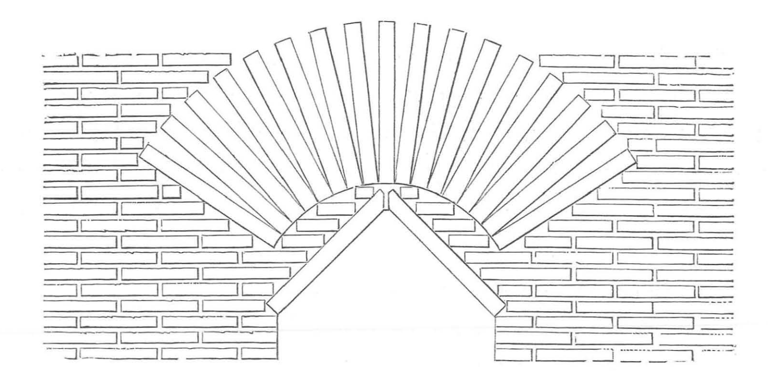


Figura 36. Arco de ladrillo sobre una cimbra de armadura tabicada (termas de Caracalla)

Hemos visto, a través de los ejemplos anteriores, la mayor parte de los tipos de armaduras tabicadas empleadas como soporte de las bóvedas durante su construcción. Su utilización, tan frecuente en la antigüedad, no ha desaparecido por completo de la práctica constructiva italiana. En más de una ocasión he presenciado la construcción de estos tabicados curvos, en las mismas regiones donde hace dos mil años se construían con un éxito del que las ruinas dan fe; incluso en la propia Roma se emplean hoy día con gran frecuencia. En efecto, las bóvedas en rincón de claustro que adornan los palacios de la ciudad moderna se han construido en su mayor parte con ladrillos sentados de plano, como en las termas de Caracalla. Ordinariamente, el intradós es una única vuelta de ladrillos recibidos con yeso y el resto de la bóveda no es más que un relleno de mampostería ordinaria.

Pero, a decir verdad, la tradición ha modificado ligeramente tanto el papel de la armadura como el de los rellenos. En la Roma antigua, la armadura de ladrillo no era más que un soporte auxiliar para el hormigón, que era el que realmente formaba el cuerpo de la bóveda y aseguraba su solidez y permanencia. Por el contrario, hoy día, el tabicado curvo se ha convertido en el elemento esencial, en la verdadera estructura de la bóveda. En ocasiones este cambio tiene un carácter radical: hay bóvedas modernas en las que sólo los riñones están rellenos de mampostería, dejando el resto de la bóveda recubierta por una capa simple de fragmentos de piedra aglomerados con mortero. Los obreros italianos llaman a este tipo de bóvedas

«volte alla volterrana»; otras veces, usan el nombre, más expresivo, de «volte a foglio».

En la Francia de hoy ya no es frecuente el uso de estas bóvedas, pero sí lo fue durante el siglo pasado. En este sentido, merecen recordarse los comentarios que hace Blondel sobre su construcción.[2] Las bóvedas tabicadas que bruscamente aparecen en la arquitectura francesa a principios del siglo XVIII, renovaban en realidad una tradición que los constructores del Rosellón preservaban desde la antigüedad. Veamos a continuación el procedimiento que han seguido los obreros en esta región desde tiempo inmemorial.

En primer lugar se disponían dos listones paralelos sobre los muros de la sala que se iba a abovedar, y sobre ellos se colocaba una cimbra móvil de dos pies y medio de ancho (fig. 37).

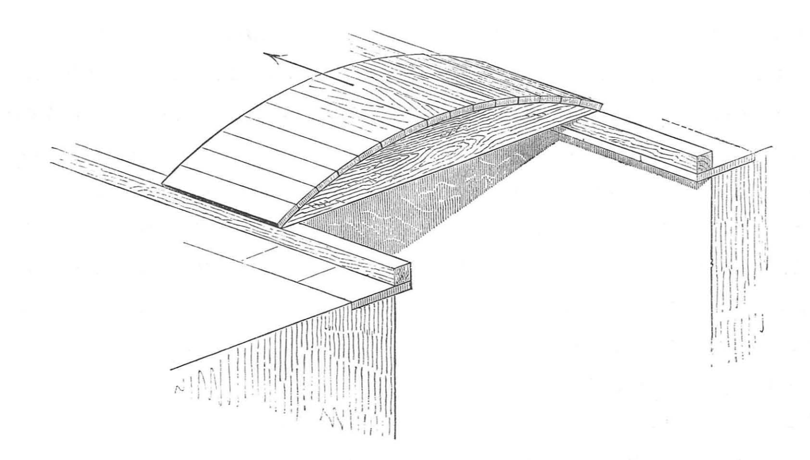


Figura 37. Cimbra móvil para la construcción de bóvedas tabicadas

Sobre la cimbra móvil se ejecutaba un tabicado doble, uniendo ambas vueltas por una capa de yeso (el mismo método que usaron los antiguos romanos y que se usa hoy día en Italia). Terminada la franja correspondiente, se corría la cimbra sobre los listones y se construía una segunda franja y así, sucesivamente, hasta la terminación. Finalmente, se recubría la bóveda con una capa de mortero equivalente a los macizos de hormigón de las bóvedas romanas.

No hay duda de que el procedimiento responde por completo al espíritu de los métodos romanos. Además, las regiones en las que se practica este método constructivo son vecinas a las antiguas colonias romanas de Provenza por lo que es probable que éste tenga un origen romano. En cualquier caso, hay una semejanza notable, y resulta interesante que hipótesis, que como las nuestras derivan de un examen de las ruinas, concuerden de manera tan perfecta con un procedimiento constructivo todavía en uso.

Bóvedas de arista

A continuación se estudiarán las bóvedas de arista. Primeramente definiré su carácter y aplicación en la arquitectura romana, para después mostrar, a través de ejemplos, cómo las ideas constructivas que acabamos de ver se aplican también a este tipo de bóvedas.

En general, los romanos evitaban la intersección de las bóvedas de cañón, como lo demuestran sus anfiteatros. Así en los de Arlés y Nimes, los corredores perimetrales se cruzan con galerías radiales en todas direcciones, sin que se dé un sólo ejemplo de bóveda de arista; en el de Verona se encuentran algunas intersecciones, pero de muy poca importancia; finalmente, en el Coliseo, sorprende comprobar cómo el continuo cruce de innumerables galerías produce un pequeñísimo número de interpenetraciones.

Para eludir las intersecciones los romanos simplemente situaban los arranques de una de las galerías por encima de la clave de la otra, como se muestra en sección en la figura 38.

Con todo, no era infrecuente que la limitación de altura impidiese superponer ambos cañones haciéndose inevitable el empleo de bóvedas de arista para solucionar el cruce de las galerías.

Hay un caso en el que el uso de las bóvedas de arista se impone de una forma natural, y es cuando se trata del abovedamiento de espacios formados por una nave central y dos laterales, pues la iluminación de la nave central sólo puede conseguirse de dos maneras: bien la bóveda central se eleva para abrir huecos por debajo de los arranques, o bien se abren huecos en la propia bóveda, formando lunetos. Los romanos se inclinaron normalmente por la segunda solución, y éste es

el origen, por ejemplo, de las bóvedas de arista que cubren la gran nave de la basílica de Constantino, las de la sala principal de las termas de Caracalla, o las de esa otra sala, admirablemente conservada, que en el siglo XVI se convirtió en Santa María de los Ángeles.

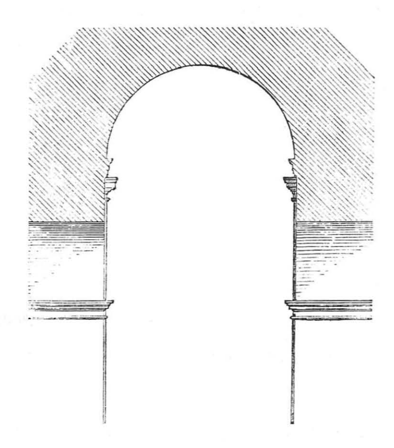


Figura 38. Cruce de dos galerías a distinto nivel para evitar la intersección de los cañones

Las bóvedas de arista se usaban casi siempre por motivos constructivos, y muy raramente por simples motivos estéticos; incluso en los casos en los que parece haberse pretendido dar con ellas variedad a la composición arquitectónica, encontramos junto a razones formales motivos de orden práctico. En cualquier caso, nuestro objetivo no es saber el cuándo o el por qué de su uso, sino conocer los métodos que se emplearon en su trazado y construcción. Nos ocuparemos primero de su trazado.

Los romanos, que mostraban en todos los aspectos de la vida una marcada preferencia por las soluciones simples, procuraban que las bóvedas de arista siempre fuesen resultado de la intersección de dos cañones iguales y de perfil circular, evitando así que los cuchillos transversales de la cimbra tuvieran forma elíptica. Para ser más exactos, los romanos no imponían una igualdad rigurosa entre los cañones que se intersecan, podía haber ligeras diferencias que, para no tener que modificar su perfil circular, se absorbían peraltando uno de los cañones de modo que las líneas de sus claves estuviesen al mismo nivel. De esta forma se abovedó la nave central de la basílica de Constantino, figura 39.

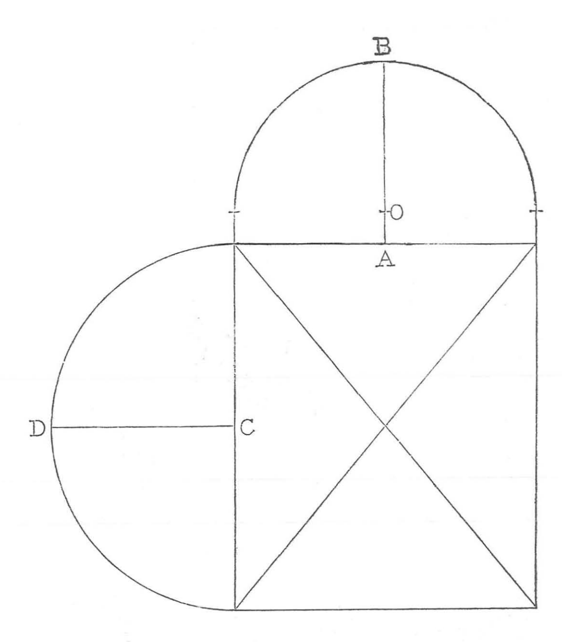


Figura 39. Bóveda de arista de cañones distintos (basílica de Constantino)

Se tomó como altura común de los cañones el radio CD del mayor, haciendo que el perfil del cañón pequeño adoptase la forma de un semicírculo peraltado cuya altura total AD es igual a CD. Este ligero peralte del cañón menor, no sólo no perjudica, sino que presta a las bóvedas una gran elegancia.

Sin embargo, era frecuente que la desigualdad de los lados de la sala fuese demasiado grande como para poder aplicar la solución anterior. En ese caso la bóveda de arista se limita a cubrir, como aparece en la figura 40, el cuadrado ABCD, cuyo lado es la dimensión menor del rectángulo que se va a abovedar. La parte restante se cubre con las prolongaciones, por ejemplo, AE, del cañón longitudinal.

Aunque esta solución era la más corriente para cubrir plantas rectangulares alargadas, a veces se usaban bóvedas de arista con cañones elípticos, como se ve en una sala de las termas de Diocleciano que ha llegado hasta nosotros prácticamente intacta. Los tres tramos que forman la bóveda guardan una relación 2 a 3. La planta se da a continuación en la figura 41; la perspectiva se muestra en la lámina IX.

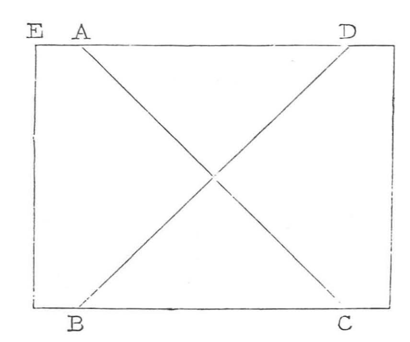


Figura 40. Bóveda de arista de cañones iguales, sobre una sala rectangular

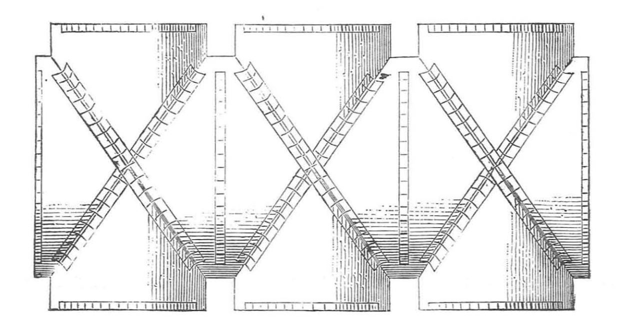


Figura 41. Planta cubierta por bóvedas de arista

Si bien este ejemplo es el más notable que conozco de este tipo de bóveda, no es el único que existe. Los cañones elípticos perduraron hasta que los arquitectos de Constantinopla, herederos de las tradiciones del arte romano, decidieron reemplazar las bóvedas de arista clásicas por la solución, esencialmente práctica, que se ha dibujado en la figura 42.

Gracias a esta ingeniosa disposición, la forma más o menos irregular de la planta deja de ser un problema. No importa que los lados sean desiguales o, incluso, que la sala sea un cuadrilátero de ángulos distintos; se puede hacer que toda la cimbra esté formada por cuchillos de forma semicircular, ya que los arcos de cabeza son siempre semicirculares y el perfil de las aristas, que cabe elegir libremente, puede, si se desea, trazarse con compás. No insistiremos más en este ejemplo, sólo tratábamos de mostrar las raíces romanas de esta invención bizantina. Volvamos a las bóvedas de arista romanas, para pasar a estudiar su proceso de construcción.

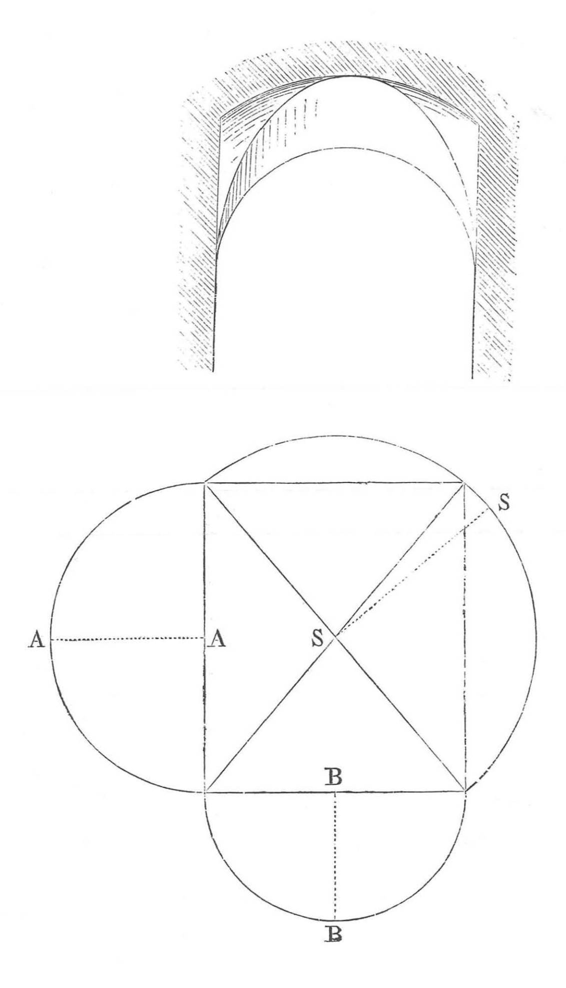


Figura 42. Bóveda de arista bizantina sobre planta rectangular

Con independencia de cuál fuese su traza, los métodos que los romanos empleaban en la construcción de las bóvedas de arista eran idénticos a los ideados para las bóvedas de cañón. En ambos casos las bóvedas se componen de dos partes bien diferenciadas: un macizo de hormigón que forma el cuerpo de la bóveda y un entramado de ladrillo o tabicado ligero, que sirve de sostén durante la construcción y libera a la cimbra provisional de madera de buena parte de la carga.

Cuando empleaban el sistema tabicado, ponían especial cuidado en reforzar las aristas. Así, aunque la segunda vuelta se hacía con ladrillos pequeños, a lo largo de las aristas colocaban ladrillos grandes, de no menos de 45 cm de lado, siendo las dimensiones habituales 60 cm de lado y 5 cm de espesor. Estos ladrillos angulares han desaparecido en su mayor parte, pero las huellas que han quedado muestran con claridad su forma y dimensiones, de manera que puede restituirse con facilidad la construcción de la armadura. En la figura 43 se ha dibujado su aspecto general, visto desde arriba, antes de ejecutar el hormigón. El dibujo corresponde a una de las salas de las termas de Caracalla, pero la misma disposición puede encontrarse, con ligeras variaciones, en la villa Adriana, el palacio de los Césares, etc.

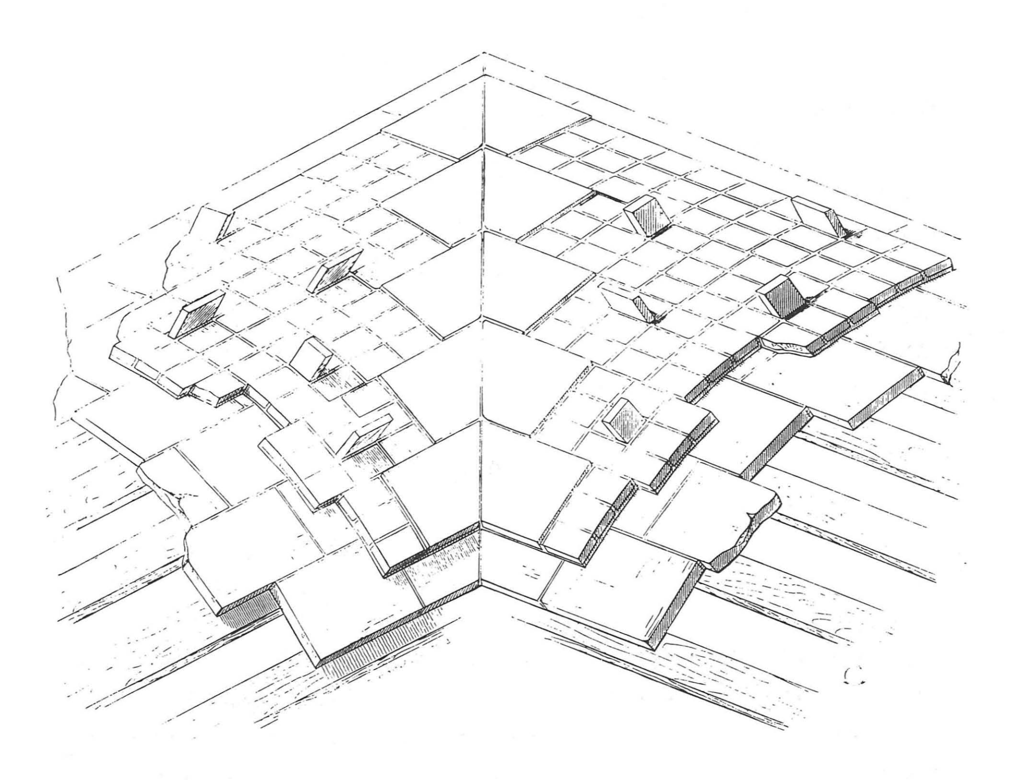


Figura 43. Armadura tabicada de una bóveda de arista (termas de Caracalla)

Las armaduras de nervios de ladrillo se adecuaban todavía mejor a las bóvedas de intersección. En la lámina IX puede verse una disposición típica: a lo largo de las líneas de intersección se construían dos nervios M y N a los que, a veces, se añadían otros nervios secundarios R que volteaban transversalmente de un machón al situado enfrente. Como éstos últimos no difieren en nada de los arcos embebidos en las bóvedas de cañón, estudiaremos solamente la estructura de los nervios de arista (fig. 44).

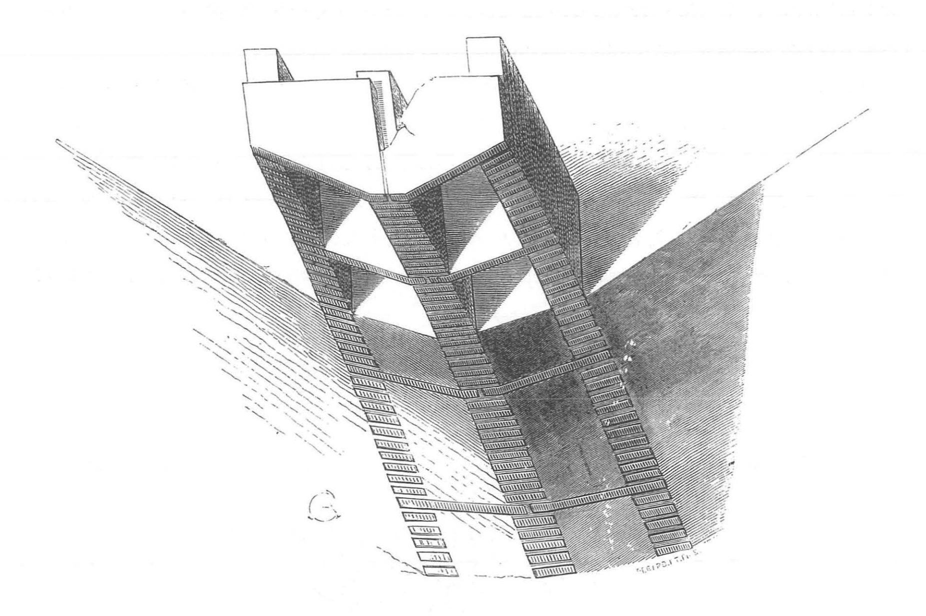


Figura 44. Nervio diagonal de tres arcos

Los nervios diagonales estaban formados por tres arcos elementales unidos entre sí por grandes ladrillos, de suerte que el conjunto formase una especie de «espinazo» resistente a lo largo de las aristas. Para ajustar la forma de los grandes ladrillos de unión al ángulo saliente de la intersección era preciso recortarlos ligeramente, algo que no se hacía, sin embargo, dando un corte preciso sobre una plantilla, sino descantillándolos in situ, groseramente, para que esta operación no supusiese gasto o retraso alguno.

La única tarea delicada era organizar el cruce de los nervios diagonales en la clave. El cierre de uno de ellos, la arista M en la lámina IX, no era un problema, pero intentar terminar el otro nervio N sí lo era, pues sus dos cabezas apoyaban a izquierda y derecha del nervio hueco M, amenazando con romperlo. La solución evidente consistía en rellenar de hormigón las celdas superiores del arco M antes de sentar los últimos ladrillos del arco N, de manera que pudiesen resistir los esfuerzos de compresión, hecho lo cual la construcción se terminaba sin dificultad.

La armadura que acabamos de estudiar corresponde a las termas de Diocleciano y representa el tipo de solución que se empleó habitualmente para cubrir salas con una luz libre igual o superior a unos 15 metros.

Para las bóvedas más pequeñas, que no precisan medios de sostén tan potentes, las armaduras se redujeron y simplificaron adecuando su resistencia a los esfuerzos producidos por los macizos de hormigón. Estas simplificaciones podían, siguiendo un orden lógico, empezar por suprimir los arcos transversales (R en la lámina IX); continuar después por eliminar uno de los tres arcos que formaban los nervios de arista; hasta llegar a dejar, quitando un arco más, la armadura reducida

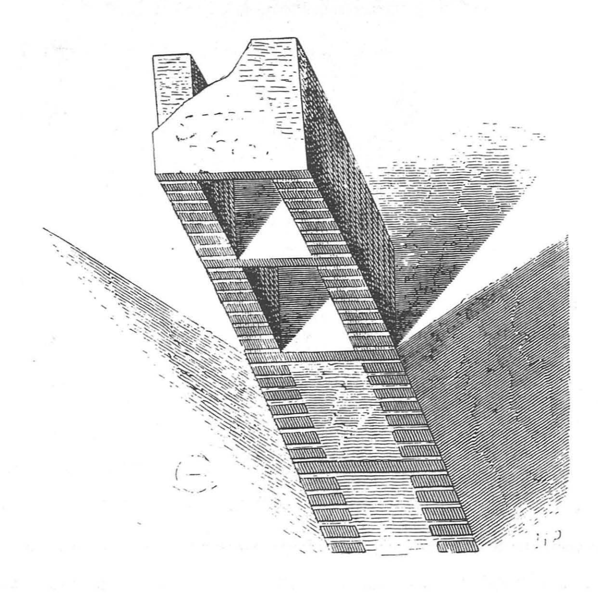


Figura 45. Nervio diagonal de dos arcos (pórtico de Jano Cuadrifronte, Roma)

a un arco elemental aislado en cada arista. De hecho, en la arquitectura romana encontramos todas estas variantes intermedias. Las estudiaremos a continuación, a través de ejemplos.

1. Armadura sin arcos transversales. La armadura que más se aproxima a este tipo es la que cubre una galería del Palatino orientada hacia el sur de la colina (lámina VIII). Sus arcos diagonales son idénticos a los de las termas de Diocleciano, constan del mismo número de arcos elementales y están unidos entre sí de la misma forma pero no aparecen, por considerarse superfluos, los arcos transversales.
2. Nervio diagonal de dos arcos. Como ejemplo del empleo de nervios diagonales de dos arcos citaré la bóveda de arista que cubre el centro del pórtico llamado de Jano Cuadrifronte en Roma. En la figura 2 de la lámina VII se da una vista de conjunto de esta bóveda; el nervio desnudo se ha dibujado en la figura 45.

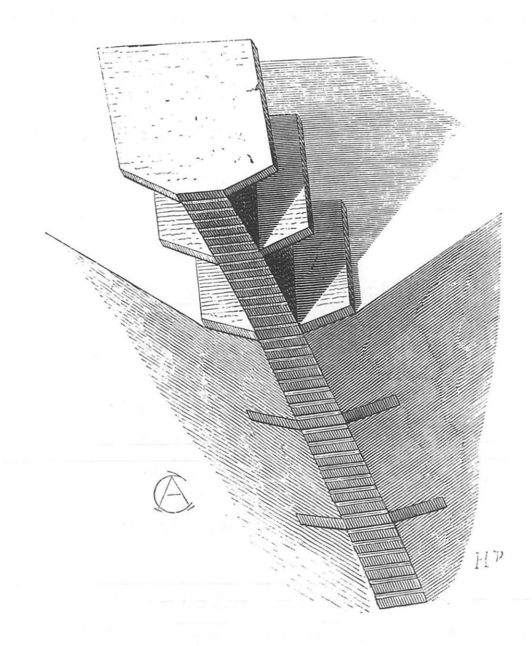


Figura 46. Nervio diagonal de una sola rosca de ladrillo (palacio de los Césares)

3. Nervio diagonal sencillo. En esta última etapa la arista se reduce a un arco sencillo de ladrillo. Encontramos un ejemplo de esta solución en una sala del palacio de los Césares (lámina VII, 1), cuyas ruinas sobre la plataforma del Palatino dominan la cañada del Circo Máximo. Como puede apreciarse en la figura 46, cada nervio diagonal está formado por una sola rosca de ladrillos rectangulares estrechos en la que se intercalan grandes ladrillos cuadrados, ligeramente recortados, que sobresalen a izquierda y derecha formando unos dientes o entregas que garantizan una unión perfecta con el hormigón. Ésta última es la forma más elemental de armadura romana de bóveda de arista.

Para completar el estudio de la evolución de esta idea a lo largo de los siglos, podríamos salirnos de los límites del arte romano y continuar estudiando los tipos de bóvedas de arista y crucería que se construyeron en Europa occidental entre los siglos XI y XVI, abarcando y superando la Edad Media. En principio puede parecernos que los arcos cruceros y perpiaños que sobresalen del intradós de estas bóvedas fuesen el equivalente del esqueleto embebido de los romanos. Sin embargo, estos arcos cumplen una función nueva. La armadura de las bóvedas romanas desempeña su papel resistente sólo mientras el hormigón, todavía sin fraguar, precisa de un soporte auxiliar; tras el fraguado este esqueleto se confunde con la masa que lo rodea actuando conjuntamente en virtud de la cohesión que los une. Por el contrario, el esqueleto gótico no sólo es útil durante la construcción, conserva su papel resistente tras el descimbramiento soportando toda la plementería: el peso de los plementos se transmite a los nervios y éstos producen un empuje que se contrarresta por la masa de los estribos o mediante arbotantes.

El modo de equilibrio es muy diferente en ambos casos; por esta razón, sólo limitándonos a la fase de construcción podemos hablar de analogía. Hasta ahí la semejanza es perfecta, las bóvedas góticas expresan bajo un nuevo aspecto las características esenciales de las bóvedas de arista romanas. Un estudio más detallado de las analogías y diferencias entre ambos sistemas nos desviaría de nuestro programa.

Hemos visto los tipos principales de armaduras de bóvedas de arista romanas; en el apartado siguiente, veremos cómo los mismos principios se extendieron también a las bóvedas de planta circular: las cúpulas y las bóvedas en cuarto de esfera o de horno.

Bóvedas de planta circular

La cúpula es la bóveda que menos carga sobre las cimbras. Cada rebanada horizontal forma un anillo que tiende a mantenerse en equilibrio por sí solo; por esta razón, una cúpula de planta perfectamente circular precisa más un molde, que permita controlar su curvatura, que un esqueleto resistente. En efecto, en Roma más de una cúpula se construyó sin esqueleto interno con el único soporte de una cimbra auxiliar de madera. Éste es el caso, por ejemplo, de la cúpula de la rotonda edificada a las puertas de Roma en honor de la madre de Constantino.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en una cúpula cuanto más aumenta el radio y decrece la curvatura de las superficies, más disminuye la resistencia a las deformaciones. La cúpula del Panteón de Roma es uno de esos casos en los que la curvatura se vuelve inapreciable, perdiendo la resistencia a las deformaciones que de ella se deriva. Pero incluso para dimensiones menores los romanos, temiendo que el hormigón llegase a cargar sobre las cimbras, consideraron las armaduras de ladrillo como un refuerzo necesario de la carpintería auxiliar a partir de unos veinte metros.

En alguna ocasión probaron a revestir toda la superficie con una retícula resistente continua de ladrillo, análoga a la de la lámina I. Pero ésta se adaptaba mal a la forma convexa de una esfera ya que para construirla había que dirigir los nervios según los meridianos, creándose una malla de formas variables, que disminuían progresivamente hacia la clave. Las aplicaciones del sistema eran limitadas y, de hecho, las bóvedas con este tipo de armadura son muy escasas, siendo la más notable la del edificio conocido por el nombre de Torre de' Schiavi, situado a la izquierda de la vía que unía Roma con Praeneste.

Para evitar los inconvenientes de una malla variable, en disminución hacia la clave, se sustituyó la retícula continua por cadenas aisladas que dividían la bóveda en una serie de husos o gajos. La lámina X muestra un aplicación de este sistema en una de las bóvedas de las termas que estaban adosadas al Panteón de Roma. Se ha dibujado la armadura sólo en la zona de los arranques, ya que en las partes altas la disposición no se aprecia con suficiente claridad como para arriesgar una restitución. No podemos determinar si las cadenas terminaban en un anillo de ladrillo como el que rodea el óculo del Panteón (fig. 49), o bien se entrecruzaban, como los arcos diagonales de las bóvedas de arista, esto es algo a lo

que las ruinas no nos dan respuesta. En la actualidad, una calle corta la bóveda por la mitad y la parte que queda corresponde, aproximadamente, a nuestro dibujo teórico de la lámina X.

Por otro lado, si fuese cierto como se cree que estos restos son parte de las termas de Agripa y que por tanto se remontan a la época de Vitruvio, tendrían un gran interés adicional, pues éste apenas menciona entre los materiales habituales el ladrillo cocido. Estaríamos ante uno de los ejemplos más antiguos del empleo de armaduras de ladrillo en las bóvedas.

El aspecto de las ruinas no contradice esta hipótesis. La construcción manifiesta en todas sus partes el cuidado exquisito, la atención minuciosa a los menores detalles que caracteriza una aplicación meditada de métodos todavía nuevos. Además, en este caso, a una buena ejecución se une una colocación perfecta de los elementos. En bóvedas más recientes encontraremos esqueletos más ligeros, pero nunca una ejecución tan correcta, una regularidad de formas tan irreprochable.

La práctica enseñó pronto a los constructores las ventajas de ahorrarse los acabados. La cúpula del llamado templo de Minerva Médica se concibió de forma análoga pero contrasta con la anterior por su tosca ejecución. En la lámina XI se da una vista parcial del monumento; la figura 47 muestra la planta, notablemente irregular.

La idea general del proyecto es muy clara: se trata de una cúpula que descansa mediante pechinas pequeñas sobre un tambor decagonal. De los vértices de este polígono nacen diez cadenas o nervios que dividen la semiesfera en diez husos iguales, que se encuentran, a su vez, subdivididos por nervios secundarios. El conjunto forma una armadura regular que se explica por sí misma y se comprende con facilidad.

No obstante, si se estudia en detalle, aparecen en la ejecución de una idea tan clara extrañas incorrecciones, rastros evidentes de decisiones equivocadas. A unos metros por encima de los arranques, el esqueleto se simplifica bruscamente como si, por error, se hubiese empezado con una dimensión excesiva y se hubiera reducido después, por motivos de economía.

En efecto, las cadenas principales que nacen de los ángulos de la base se componen en el arranque de cinco arcos elementales, mientras que más arriba, hacia la clave, sólo tienen tres. Podría argumentarse que esta disminución intenta dar a las

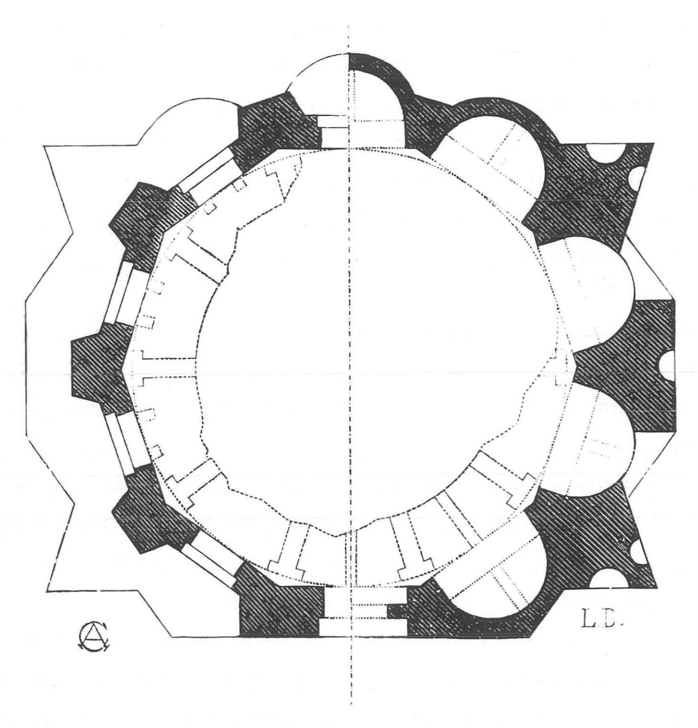


Figura 47. Planta del templo de Minerva Médica

cadenas un ancho proporcional al perímetro de la bóveda a distintas alturas, una explicación que, en principio, parece admisible. Sin embargo, al examinar el conjunto de los datos se llega a la conclusión de que la armadura es una obra truncada cuyo proyecto original se fue modificando paulatinamente durante la construcción. Esto se aprecia con particular claridad en las armaduras pequeñas, intercaladas en los distintos muros de la cúpula, donde encontramos elementos incompletos que no pueden tener ninguna utilidad. Así en algunos husos aparecen dos nervios secundarios que se interrumpen enseguida, mientras en otros hay una única cadena que también termina bruscamente. Finalmente el constructor debió darse cuenta de la inutilidad de los nervios secundarios y los hizo desaparecer en los husos restantes.

Esto explica que en la misma bóveda haya sectores con dos nervios inacabados, otros con uno solo y otros sin nervio alguno. Estos arcos, primero iniciados, des-

pués reducidos en número y, finalmente, eliminados, ponen de manifiesto tanteos y vacilaciones, poco habituales en el arte romano; pero es que en el templo de Minerva estamos ante una de sus últimas obras, donde ya tanto la planta como su aspecto exterior presentan los rasgos de una época distinta, próxima al renacimiento bizantino. Si la cúpula de las termas de Agripa nos muestra el origen de estos procedimientos constructivos, la de Minerva Médica representa su decadencia. Son dos manifestaciones extremas de una tradición que se mantuvo persistentemente durante todo el Imperio.

A continuación las láminas XI, XII y XIII explican cómo los procedimientos anteriores, relativos a cúpulas completas, se modifican para aplicarse a las semicúpulas o bóvedas de horno, así como el empleo de armaduras tabicadas en uno y otro caso. En las láminas XII y XIII pueden verse dos tipos distintos de armaduras tabicadas; en la lámina XI se muestran grandes nichos con bóvedas de horno construidas por el sistema de nervios aislados (en este último caso merece notarse cómo el constructor dispuso un grueso arco en el plano frontal del nicho, para contrarrestar el «empuje al vacío» del nervio meridiano central).

Me gustaría añadir otro comentario. Dada la dificultad de ejecución de las armaduras de las bóvedas esféricas, los romanos, en muchas ocasiones, comenzaban su construcción un poco más arriba del plano de los arranques. La primera parte del nacimiento de la bóveda, digamos hasta el nivel C de la figura 48, se construía sin armadura y, a veces, incluso sin cimbra, guiándose con un cordel de longitud igual al radio sujeto al centro de la esfera. Este procedimiento se siguió, por ejemplo, en la construcción de varias bóvedas de horno de las termas de Caracalla.

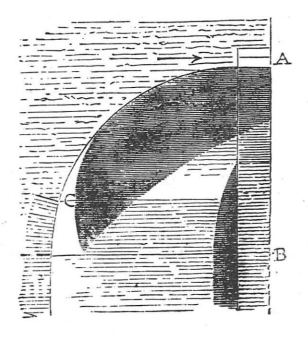


Figura 48. Bóveda de horno rematada por un arco de cabeza

Para mantenerme fiel a la norma que me he impuesto —explicar la construcción romana sólo a través de una observación personal de los monumentos— debería guardar silencio sobre la cúpula del Panteón, pues el grueso enlucido esconde cualquier indicio de armadura, dejando sólo a la vista el encasetonado del intradós. No obstante, dada la importancia del monumento me serviré en este caso de un testimonio ajeno.

Piranesi tuvo ocasión de estudiar la construcción de la cúpula durante las reparaciones realizadas durante el pontificado de Benedicto XIV. En muchos puntos los enlucidos se habían deteriorado por el paso del tiempo y había que picarlos y rehacerlos de nuevo; con este fin, se construyó una cercha móvil que, articulada en un eje central sujeto al óculo, giraba apoyándose en la cornisa que rodea la base de la cúpula. Piranesi, interesado como estaba en rescatar con sus dibujos los vestigios de la antigua Roma, aprovechó este ingenioso andamiaje que le permitía recorrer todo el intradós, para examinar los pormenores de la construcción de la cúpula.

Cierto es que en la obra de Piranesi encontramos, desgraciadamente, numerosas hipótesis arriesgadas, pero en este caso, dadas las circunstancias en que desarrolló su trabajo, su testimonio merece cierta confianza.[3] Además, es de suponer que el mismo rigor que tuvo al representar las partes vistas, lo tendría con las ocultas, aunque esto último no lo podemos verificar. La figura 49 reproduce con exactitud el dibujo en el que Piranesi muestra la construcción del intradós para un huso de un octavo de bóveda.

En el Panteón, como en el templo de Minerva Médica, la armadura de la bóveda está formada por un sistema de nervios meridianos C. Estos apoyan sobre arcos de descarga B que evitan un apoyo en falso sobre los huecos del tambor. Finalmente, unos arcos intermedios D dividen el gran espacio entre los nervios meridianos en compartimentos más pequeños. Así, pues, la forma de los elementos de la parte baja de la armadura expresa claramente su función.

Examinemos ahora la organización de la parte superior del esqueleto de ladrillos. Las figuras 50 y 51 muestran las dos etapas que, en mi opinión, se sucedieron en su construcción.

En una primera fase, los nervios meridianos C terminaban como indica la figura izquierda (fig. 50). El anillo E que rodea el óculo equilibraba estos nervios cuyos empujes se distribuyen en todo el perímetro del anillo gracias a los ocho arquillos tangentes O. Reforzado por estos ocho arquillos el anillo podía resistir al comienzo

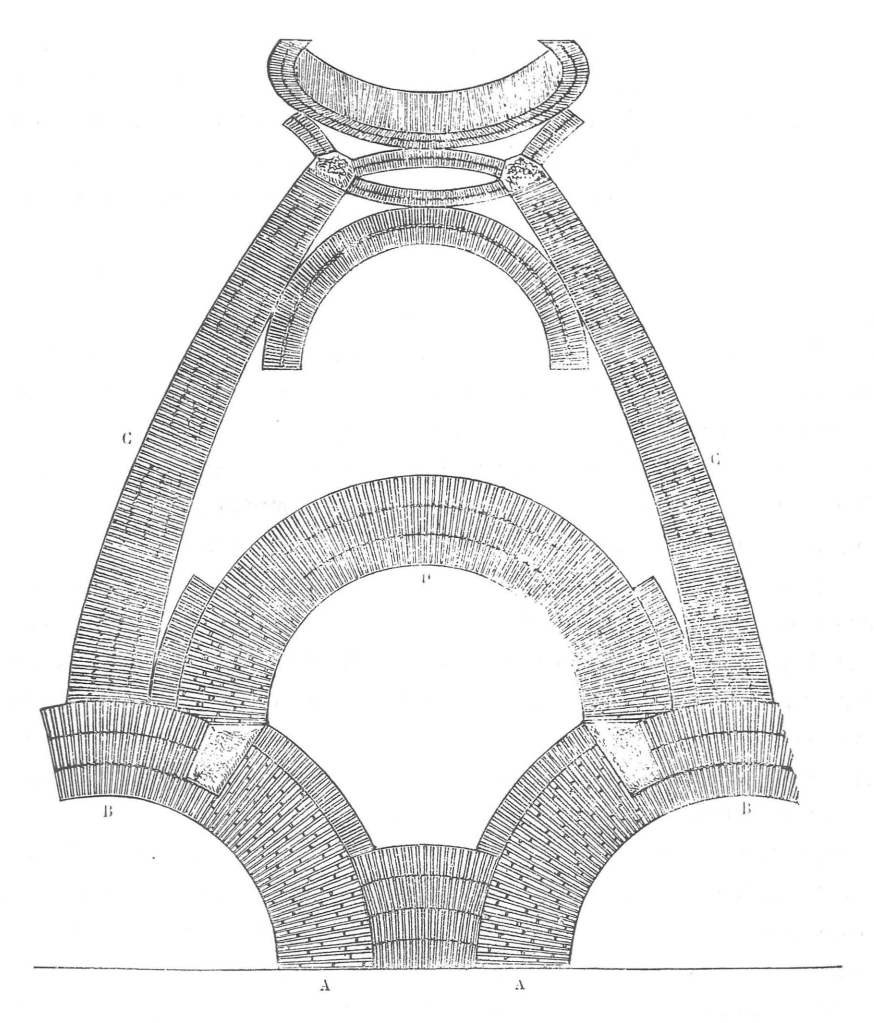
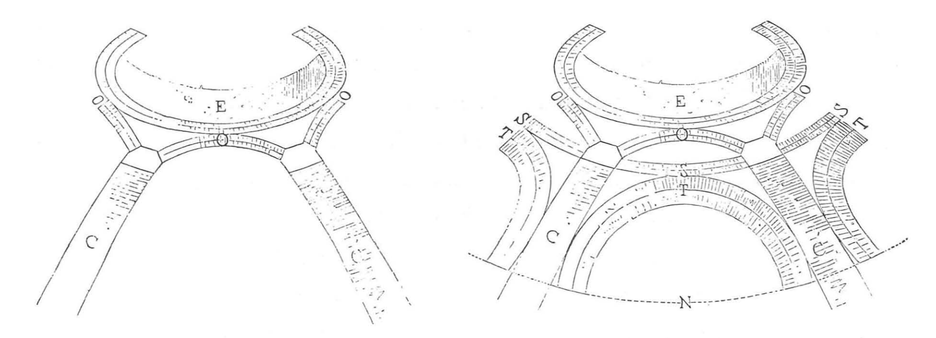


Figura 49. Arcos de ladrillo en la cúpula del Panteón, según dibujo de Piranesi

de la construcción la compresión de los nervios meridianos. Pero a medida que se elevaban los macizos de hormigón aumentaban estos esfuerzos y con ellos la amenaza de que terminase por romperse. Posiblemente juzgaron que su resistencia era suficiente hasta que el hormigón rebasó el nivel N, pero a partir de ese momento les debió parecer más prudente reforzar todo el sistema de la zona de coronación.



Figuras 50 y 51. Fases en la construcción del óculo del Panteón

Se construyó entonces un segundo anillo S concéntrico con el óculo y, análogamente a como se había reforzado el primer anillo con los arquillos O, se dispusieron arcos T para fortalecer este segundo anillo.

Suponer que éste es el origen del anillo S y de los arcos T que diferencian las figuras 50 y 51 no es hacer una interpretación aventurada: el segundo anillo S no resistiría si no fuese por la ayuda de los arcos de refuerzos T y éstos a su vez no podrían haberse construido hasta que el hormigón hubiera alcanzado un nivel N, pues no habrían tenido apoyo.

Podemos imaginar, en definitiva, que en la marcha de los trabajos en la parte superior hubo dos fases: en la primera, los nervios meridianos se sostenían gracias al anillo E, comenzando la segunda cuando el hormigón alcanza el nivel N y se introduce un segundo anillo de refuerzo S. Admitida esta hipótesis, la forma y función del esqueleto se explica por completo, y podemos imaginar sin dificultad el proceso de construcción.

En cualquier caso, ofrecemos esta explicación como una conjetura sujeta a crítica, como una llamada de atención sobre ciertas particularidades que quizá ayude a responder las preguntas que esta bóveda colosal plantea. No nos cabe duda ante los diecinueve siglos de vida, inmejorable garantía de la bondad de los procedimientos seguidos, de que un conocimiento cierto de estos métodos no sólo sería un hecho importante para la historia de la arquitectura romana, sino que suministraría datos preciosos para el progreso del arte de construir.

La cúpula del Panteón se apoya directamente sobre un tambor circular. Esta disposición es típica de las primeras cúpulas romanas; la encontramos en la sala cir-

cular de las termas de Agripa (lám. X) y en todas las salas cubiertas por cúpulas de los primeros tiempos del Imperio. En efecto, la idea de emplear pechinas aparece muy tarde en la arquitectura romana; ya habíamos reparado en ellas en la cúpula de Minerva Médica y, de hecho, los ejemplos del empleo de pechinas pertenecen en su mayor parte al período de decadencia que siguió a Diocleciano y precedió al renacimiento bizantino. Si en el templo de Minerva Médica las pechinas permiten la transición de la cúpula con una planta decagonal, en la torre de' Schiavi la cúpula carga, a través de pechinas bastante informes, sobre una planta octogonal. También encontramos una cúpula, ésta sobre planta cuadrada, ocupando la parte central de la tumba de Placidia en Rávena, monumento que pertenece más al arte romano que al bizantino.

Los edificios romanos anunciaban ya, pues, las grandes aplicaciones de bóvedas sobre pechinas, recurso del que los arquitectos de Justiniano, en el siglo VI, se servirían para crear un sistema de construcción enteramente original.

Casos particulares en la construcción de bóvedas

Hasta el momento hemos agrupado las armaduras de sostén empleadas por los romanos durante la construcción de las bóvedas en dos tipos: las armaduras de rosca de ladrillo con juntas convergentes, ya sean retículas caladas o nervios aislados, y las armaduras tabicadas, formadas por ladrillos sentados de plano.

Esta clasificación está lejos de comprender todas las soluciones ya que en la práctica romana no había una división tajante entre los dos tipos, empleándose a veces combinaciones de ambos. Como hemos visto, éste es el caso de una sala del Palatino (lám. VI) donde la bóveda presenta un sistema de arcos transversales sobre un tabicado curvo. Ambas armaduras se complementan mutuamente: el arquitecto quiso unir a las ventajas que supone la continuidad del tabicado, la mayor rigidez de un esqueleto de rosca de ladrillo.

En materia de construcción, los romanos no admitieron reglas fijas de uso general. Necesidades y recursos variaban hasta el infinito, diversidad que los constructores romanos pensaban era incompatible con métodos rígidos. No había preferencias exclusivas por tal tipo de material o modo particular de construir. Así, si en Roma se empleaba el ladrillo en las armaduras de las bóvedas, en Pompeya, por

ejemplo, los materiales utilizados eran completamente diferentes, y el aspecto de las bóvedas totalmente distinto. Los arquitectos pompeyanos intercalaban entre la cimbra y el macizo de hormigón una estructura auxiliar, que en nada se parecía a los reticulados sabiamente aligerados que hemos visto. Consistía ésta en una «costra» continua de tufos mezclados con mortero, una suerte de empedrado de pequeños mampuestos que envolvía las cimbras formando una delgada bóveda que sostenía, análogamente a los tabicados de ladrillo, el peso de la parte superior del hormigón. Este tipo de soporte es el más frecuente en las bóvedas pompeyanas, y puede verse con claridad en los corredores del circo, en las galerías de los dos teatros, en las salas de la planta baja de la casa llamada de Diomedes, etc.

En otros sitios, como en Verona, el material de las armaduras no es el tufo ni los ladrillos, sino los cantos rodados del río Adigio; con estos guijarros se construyó la armadura de las bóvedas que cubren los vomitorios del anfiteatro. Otra posibilidad apreciada por los romanos, cuando la bóveda era pequeña y estaba situada a poca altura del suelo, era prescindir de cimbras y armaduras, y verter el hormigón sobre un núcleo de tierra que servía de molde. Ejemplos de esto son la bóveda descubierta en un cementerio romano de Vienne[4] y las bóvedas que aligeran el basamento de uno de los templos principales del Palatino, donde las tierras que sirvieron de molde no se retiraron y permanecen en el lugar en el que los constructores las amontonaron.

Así, pues, los procedimientos para economizar cimbras provisionales podían variar, pero la idea central que les daba origen permanecía inmutable. A continuación, mostraré con una serie de ejemplos la gran variedad de soluciones que generó esta idea en la antigüedad.

Hasta el momento se han tratado únicamente las bóvedas de intradós curvo. Pero, para los romanos incluso la curvatura de las cimbras era una complicación que, llegado el caso, podían ahorrarse. Este es el caso, por ejemplo, del teatro de Taormina, donde los grandes nichos presentan, en vez de una bóveda circular, una especie de techo quebrado, una bóveda «en ángulo» (lám. XV, 5), formada como si en un arco apuntado cada rama hubiese degenerado en una recta, extraña disposición para la que basta una cimbra reducida a dos maderos apoyados uno contra otro. No considero este artificio como un hecho aislado ya que en la planicie romana, no lejos del extremo circular del circo de Majencio, he podido observar construcciones de aspecto modesto cuyas bóvedas tienen un perfil quebrado del

mismo tipo. La cimbra de estos cañones simplificados, idéntica a la armadura de un tejado de dos aguas, representa una de las aplicaciones más libres y de mayor provecho de los principios de economía que he intentado sacar a la luz.

Esta libertad de elección en los procedimientos permitía a los romanos sacar partido de cualquier circunstancia. Así, como sabían que la carga sobre las cimbras era mayor en la coronación que en los arranques, hacían el aparejo para cada zona diferente. Por ejemplo, en el arco dibujado en la figura 2 de la lámina XV, vemos en los riñones una fábrica maciza de grandes ladrillos, que en la coronación se reduce a una retícula calada que soporta el hormigón. Otro ejemplo, también en la misma lámina XV, 1, es el de los grandes arcos inferiores del Panteón, que nacen con una rosca única que se divide después formando tres arcos superpuestos independientes (el primero de ellos, una vez terminado, sirve de cimbra a los otros dos).[5]

En otras ocasiones, los romanos aprovecharon la adherencia de los morteros para construir pequeñas bóvedas sin usar cimbra. Este procedimiento se empleó también en algunos acueductos griegos como, por ejemplo, el de los propíleos de Eleusis.

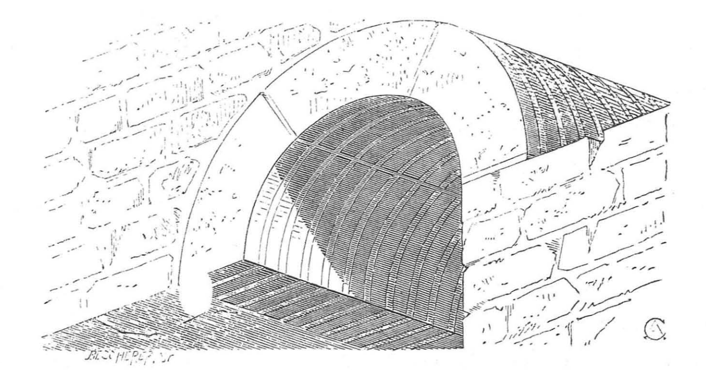


Figura 52. Construcción de una bóveda sin cimbra, por adherencia de los morteros

Los ladrillos, con forma de sector circular, se sentaban de canto sobre espesas tongadas de mortero. Primero se sentaban los ladrillos de los arranques que quedaban unidos, por la adherencia del mortero, al tramo de acueducto ya construido (esta operación no entrañaba especial dificultad) y, después, se colocaba el ladrillo

de clave que cerraba el espacio entre los anteriores. Este proceso permitía una ejecución sin ningún tipo de cimbra.

Cuando había que reforzar algún punto en concreto de la bóveda, quizá para soportar una carga aislada o un muro transversal, los romanos, en vez de embeber nervios portantes, disponían arcos perpiaños de resalto. Los arranques de estos arcos descansaban, a veces, sobre pilastras adosadas al muro pero lo más usual era que los arranques se empotrasen en los muros quedando el arco resaltado en la zona de la clave (fig. 53).

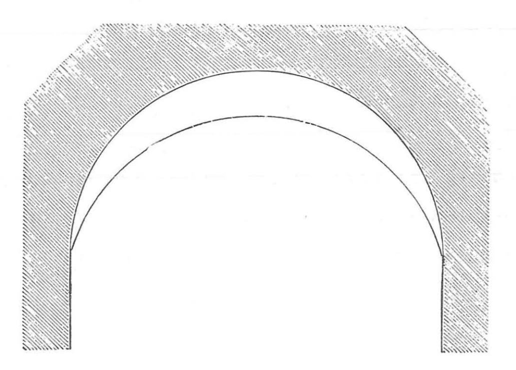


Figura 53. Arco perpiaño de resalto para reforzar la bóveda. Nótese que los arranques están embebidos en los muros

De este modo se reforzaba el cañón sólo donde era preciso, eliminando las pilastras y dejando las paredes de la sala planas y continuas, desprovistas de molestos salientes.

Creo que es innecesario dar más ejemplos de disposiciones especiales aplicadas a los distintos casos prácticos. Todas ellas son, es evidente, la expresión de un mismo método racional de economía, cuyos principios se descubren con facilidad a pesar de la aparente diversidad de las aplicaciones.

Sistemas de contrarresto

Hasta el momento se ha estudiado con detalle la construcción de las bóvedas; queda por considerar el problema de su contrarresto. En primer lugar habría que

preguntarse si la idea de contrarresto tiene sentido dentro del sistema de construcción que nos ocupa. Aquí no se trata de resistir el empuje de un arco dividido en dovelas; todos los elementos de la bóveda están unidos entre sí formando una masa coherente, monolítica. Por tanto, bastaría en rigor con dar una superficie de apoyo que resista la carga vertical, y ésta sería, aparentemente, una de las mayores ventajas de la bóvedas monolíticas: poder sostenerse sin un contrarresto exterior.

A los constructores romanos no se les escapó esta posibilidad, pero también se dieron cuenta de los peligros que entrañaba confiar totalmente en ella. Después de terminado un macizo de hormigón, entra en carga con cierta lentitud, experimentando deformaciones durante un período a veces bastante largo. La clave desciende y, al mismo tiempo, los riñones tienden a separarse. Permitir estos movimientos sería arriesgarse a graves daños, pues la masa estaría sometida a flexiones con una distribución de tensiones internas semejante a la de un muelle pesante dispuesto sobre dos apoyos.

Las fábricas no deben trabajar así, y las de hormigón tampoco. Es preciso oponerse al movimiento de deformación, y el medio más seguro consiste en encerrar los riñones que tienden a separarse entre potentes estribos. Éste es, en mi opinión, el origen de los contrafuertes de las bóvedas romanas. El siguiente dibujo (fig. 54) correspondiente a Santa María de los Ángeles da una idea general de su forma, importancia y colocación.

En el templo de la Paz encontramos una distribución similar y, de hecho, este esquema de contrarresto es típico, con pocas excepciones, de las bóvedas de arista romanas. Por contra, en las salas cubiertas con bóvedas de cañón los contrafuertes son más raros y menos prominentes, siendo excepcional encontrar en los edificios circulares contrafuertes adosados. Vemos, pues, que en el empleo de los contrafuertes seguían una gradación natural.

En general, los romanos empleaban estos contrarrestos exteriores sólo en raras ocasiones, ya que en esto, como en todos los demás aspectos de la construcción, evitaban las obras puramente auxiliares. En lugar de construir machones cuya única finalidad fuera la de servir de contrafuertes, intentaban contrarrestar las bóvedas mediante una adecuada distribución, de manera que el edificio produjera por sí mismo el contrarresto necesario. Pero no voy a abordar un estudio atento de la distribución de los grandes monumentos romanos que describa sus claras e

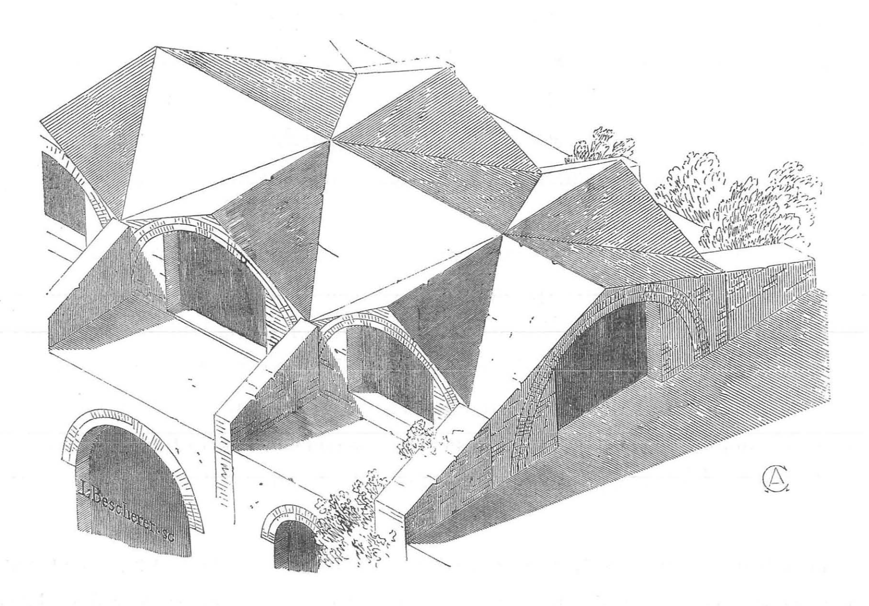


Figura 54. Sistema de contrafuertes romanos (Santa María de los Ángeles)

ingeniosas combinaciones de equilibrio, estudio que sería enormemente provechoso, pero difícil de exponer metódicamente. Como la idea que preside estas distribuciones se ha explicado ya suficientemente, creo que bastará con estudiar las plantas de algunos grandes edificios como las termas de Caracalla, Diocleciano o Tito, el Palatino, etc., para atisbar la gran variedad de soluciones con que los romanos evitaban realizar construcciones que únicamente sirviesen para estabilizar las bóvedas y cómo se obligaba a los machones a jugar también un papel en la distribución interior.

En efecto, consideremos, por ejemplo, cómo procedían en el caso de una bóveda de arista que cubre una sala rectangular (fig. 55). En vez de hacer que las aristas naciesen de las esquinas, lo que habría forzado a adosar contrafuertes exteriores, colocaban el nacimiento de las aristas A a un cierta distancia de los muros exteriores BC, de forma que la parte AB de los muros transversales hiciesen el papel de estribo.

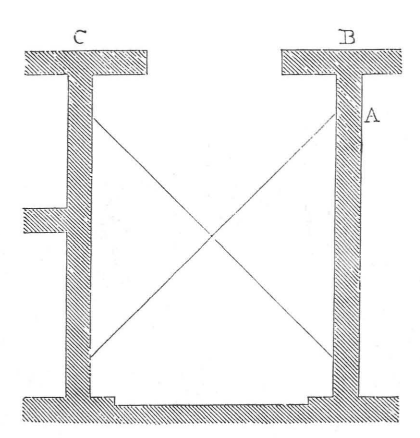


Figura 55. Contrarresto de una bóveda de arista empleando como estribo parte de los muros transversales

Dada la proporción de la sala, esta ventaja se suma a las que se derivan del uso de bóvedas de arista de planta cuadrada (véase pág. 64 y fig. 40, más arriba). Además, al embeber el contrafuerte en los muros interiores, crecía el espacio útil sin incremento de gasto. Ésta es la disposición habitual en los casos de intersección de cañones; las termas de Caracalla ofrecen numerosos y notables ejemplos de su aplicación.

Encontramos la misma idea, bajo un aspecto distinto, en la planta de la basílica de Constantino. El gran tamaño de las bóvedas de arista de la nave central exigía potentes contrafuertes, papel que cumplen los muros transversales A, C, D, B, en la figura 56. Los constructores, para no dejarlos como simples estribos adosados a los machones de la gran bóveda de arista, voltearon cañones de uno a otro, ganando el espacio cubierto resultante, AB, como nave lateral. Los contrafuertes pasaron de ser un molesto accesorio adosado al perímetro de los edificios, obras especiales de sostén, a quedar englobados dentro del monumento participando en el equilibrio de todas sus partes.

Por otro lado, cuando era posible, los arquitectos romanos optaban por una solución más simple, aumentar el tamaño de los machones verticales de soporte dejando grandes huecos en su interior para disminuir el gasto de material. El Panteón de Roma se construyó así (lám. XIII). Los muros del Panteón forman un tambor continuo

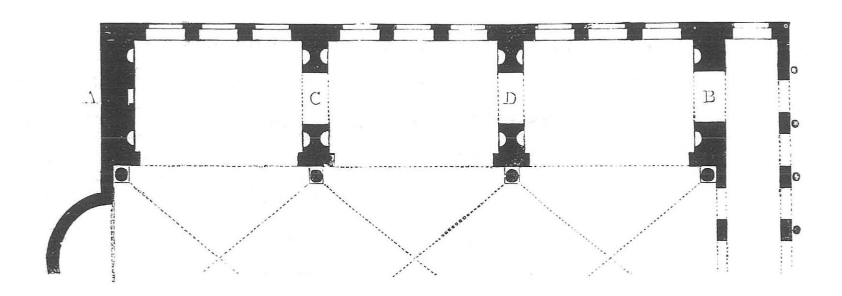


Figura 56. Empleo de muros transversales interiores como contrafuertes (basílica de Constantino)

que está aligerado por dos niveles de huecos interiores. Para explicar su disposición los he dibujado parcialmente desprovistos del paramento exterior que los cierra. Entre estos huecos de aligeramiento en forma de arcadas huecas, se disponen otros nichos abovedados, cuya convexidad se orienta del lado de donde vienen los empujes.

Cañones huecos y semicilindros abovedados son, en efecto, los dos tipos habituales de celdas empleadas por los romanos para aligerar los macizos de contrarresto. Los encontramos en los machones que soportan las bóvedas y también en los muros de contención de los rellenos (lám. XIV, 1). Su función es siempre la misma: aumentar el espesor total, la base de asiento, mejorando la estabilidad sin aumentar sensiblemente el gasto.

Los romanos además de soportar las bóvedas mediante estribos voluminosos intentaban reducir sus empujes construyéndolas con materiales muy ligeros. El empleo sistemático de ligeras piedras volcánicas, sabiamente colocadas donde más se precisaba el aligeramiento, no puede ser un hecho fortuito. La mayor parte de las bóvedas del Coliseo y de las termas de Tito o de Caracalla están construidas con tobas volcánicas muy porosas, excluyendo cuidadosamente las piedras compactas y pesadas. Este hecho ha sido corroborado por Isidoro de Sevilla, quien recoge en su compendio una noticia de un escritor romano que confirma la práctica corriente de reservar los materiales más ligeros para la construcción de bóvedas.[6]

Vasijas embebidas en el hormigón

Con frecuencia se ha asociado la presencia de vasijas cerámicas en los hormigones a esta idea de aligerar las bóvedas, pero creemos que su importancia se ha exagerado. El poco espacio que estas vasijas ocupan en relación con el volumen total de la bóveda y, sobre todo su situación, hacen pensar que con su empleo no se pretendía conseguir un aligeramiento que mejorase las condiciones de equilibrio. Si los romanos hubieran pensado en las vasijas como un medio para reducir los empujes su situación hubiese sido diferente; las habrían dispuesto en la parte alta de las bóvedas, que es donde debe reducirse el peso de los materiales. No solamente esto no es así, sino que en la mayor parte de los casos sucede justamente lo contrario: encontramos siempre las vasijas en los riñones de las bóvedas. Así sucede en la torre Pignattara (siglo IV) y en la bóveda del templo de Minerva Médica (lám. XI); lo mismo ocurre en numerosas tumbas que bordean la vía Labicana y en el circo llamado de Majencio, fuera de la puerta de San Sebastián. En la figura 1 de la lámina IV puede verse la situación de las vasijas en este último edificio, se observará que, aunque alguna está sobre el vano, en general se sitúan en los muros que forman los estribos, precisamente donde el aligeramiento no resulta útil.

Incluso he encontrado estas vasijas en el propio cuerpo de los muros. Citemos un ejemplo, entre los muchos que presentan esta disposición inadvertida hasta el momento. Si se observa la fachada principal del templo de Minerva Médica, a la derecha, un poco más arriba de la arquivolta de la puerta, puede verse una vasija embebida en el hormigón, pero adosada al paramento exterior. En definitiva, la posición que ocupan estas cerámicas parece contradecir que se empleasen en razón de su ligereza.

Las vasijas que aparecen en los hormigones tienen, aparentemente, un origen diferente al que se ha supuesto.[7] A Roma llegaban continuamente alimentos líquidos en vasijas cerámicas, pero los romanos no tenían nada que exportar y se encontraban con enormes cantidades de vasijas de grandes dimensiones y escaso valor. Por eso, durante cierto tiempo se pensó que se deshacían de ellas arrojándolas como escombros en un lugar conocido hoy como el monte Testaccio y, de hecho, la colina que lleva este nombre está formada enteramente de cascajos de cerámicas romanas. En un determinado momento, los constructores vieron que estas vasijas se podían emplear como material de construcción, como una piedra artificial de excelente calidad, superabundante y, que podía reemplazar a la piedra en las

partes altas de los edificios pues su ligero peso suponía un ahorro en el coste de elevación. Pero los romanos no pensaron en usarlas para reducir los empujes de las bóvedas, algo que sí se hizo en las bóvedas sin empujes de las construcciones lombardas de Rávena y Milán, hechas a base de tubos cerámicos encajados entre sí. Desconozco si los arquitectos lombardos las inventaron por sí mismos, pero es muy improbable que esta ingeniosa idea tenga un origen romano. Resulta más verosímil pensar que el sistema constructivo de la cúpula de San Vital llegase a Italia por la misma vía que la propia arquitectura del edificio, en cuyo caso el mérito de aplicar racionalmente los vasos cerámicos a la construcción de bóvedas correspondería enteramente a los arquitectos bizantinos.[8]

Por lo demás, si nos limitamos a los edificios romanos, el empleo de vasijas cerámicas no es más que un detalle secundario y su estudio no conduce a ninguna conclusión importante, ni revela ninguna circunstancia que complete o aclare los principios desarrollados a lo largo de este estudio.

Formas de cubierta

Uno de nuestros últimos dibujos (fig. 54, más arriba) representaba una sala romana vista desde arriba. Este dibujo pone de manifiesto una característica esencial de las bóvedas romanas, la de formar por sí mismas la cubierta de los edificios. Nunca encontramos encima de ellas una armadura de cubierta, posiblemente porque a los ojos de un constructor romano recubrir las bóvedas con una techumbre de madera, material caro, alterable y de corta duración, suponía una solución redundante y mala desde el punto de vista constructivo.

El constructor romano, o bien elegía la solución de techumbre de madera, y entonces no había bóvedas, o bien se decidía por el sistema abovedado en el que, excluida la carpintería, la bóveda realizaba todas las funciones. Así, sobre el propio trasdós se colocaban planchas de metal o tejas, para el agua de lluvia; otras veces, el hormigón se enrasaba horizontalmente formando una plataforma que se enfoscaba con una capa de mortero fino. En las termas de Caracalla encontramos varias bóvedas que responden a este tipo; los hormigones terminan en superficies horizontales que, recubiertas de un mosaico de mármoles de colores, formaban magníficas terrazas.

Por el contrario, cuando la bóveda se cubría con tejas o planchas metálicas, tomaba normalmente la forma del tejado de vertientes al que sustituye. En Santa

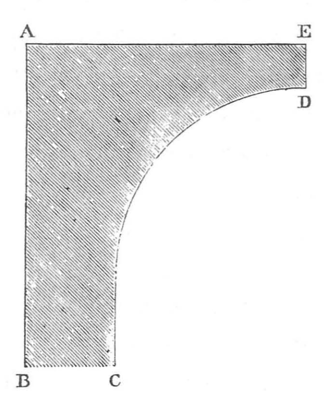
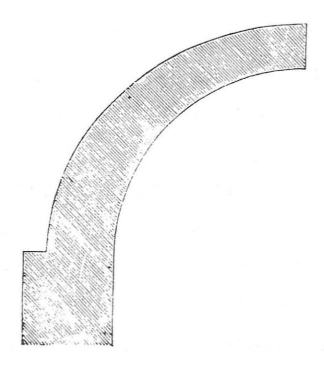


Figura 57. Bóveda trasdosada horizontalmente

María de los Angeles encontramos una aplicación notable de este tipo de trasdós (fig. 54). El interior está formado por una serie de bóvedas de arista; si imaginamos un tejado sobre cada una de ellas, su intersección nos dará precisamente la forma que presenta el trasdós de las bóvedas. Las limahoyas se corresponden con las aristas interiores, siendo este sistema el más natural y el que mejor facilita el desagüe. Disposiciones parecidas se observan en las termas de París, en la basílica de Constantino, etc.

Sólo las bóvedas esféricas se trasdosaban con superficies convexas: el perfil más habitual es el de la figura 58.


Figura 58. Forma habitual del trasdós de una cúpula

Esta excepción se justifica plenamente si se considera que para obtener un trasdós aterrazado sería preciso emplear un volumen de hormigón muy superior a la mitad del vacío que cubre la cúpula. Para los romanos esto hubiera sido una exageración y descartaron esta solución. Precisamente éste es uno de los rasgos más característicos de su carácter, saber detenerse cuando las reglas prácticas normalmente admitidas llevaban a situaciones extremas.

Hundimiento y consolidación de bóvedas

Queda una última cuestión a considerar en relación con las bóvedas romanas, la que se refiere a su conservación. ¿Por qué algunas bóvedas se han mantenido y otras se hundieron? ¿Qué causas provocaron el colapso de las últimas? Finalmente, y para aquellas que sufrieron en época romana un ruina parcial, ¿qué medios se usaron para su reparación y consolidación?

Entre las causas de hundimiento que amenazaban a estas bóvedas de hormigón, hay que citar, en primer lugar, los movimientos bruscos y los asientos desiguales del terreno. Además, hay que citar otra causa, insignificante a primera vista, pero a la que los romanos concedían gran importancia: se trata de la acción destructiva de las raíces de las plantas. Las leyes romanas intentaron prevenir este peligro estableciendo una distancia mínima para las plantaciones que se extendían a lo largo de los acueductos, ya que en estas conducciones de agua las fisuras eran críticas. Desde el año 11 a. C. una decisión del Senado prohibía plantar a menos de quince pies de los acueductos, prohibición que conocemos gracias al tratado de acueductos de Frontino y que vemos confirmada tres siglos más tarde en las constituciones de Constantino.[9] Se trataba, en efecto, de prevenir un grave peligro; resulta difícil imaginar las enormes masas que las raíces con el tiempo pueden llegar a separar. De hecho, esta causa de ruina es equiparable a la destrucción ocasionada por la propia mano del hombre.

Cualquiera que fuera el origen de los daños las bóvedas romanas se reparaban adosando una nueva bóveda de rosca de ladrillo al intradós de la bóveda original. En los acueductos de los alrededores de Roma encontramos numerosos ejemplos de bóvedas consolidadas de esta manera, construyendo una nueva bóveda que soportase los hormigones fragmentados que la antigua armadura era ya incapaz de sostener.

La figura 2 de la lámina XIV muestra uno de estos acueductos reforzado por la parte inferior. La arcada en que se basa el dibujo está cerca de la plataforma de Letrán, en unas ruinas que lindan prácticamente con la Scala Santa. El procedimiento es simple e ingenioso a la vez. En primer lugar se construía la bóveda de refuerzo que había de sostener los macizos agrietados pero, en vez de ponerla en contacto con la bóveda original, se dejaba un hueco entre ambas. Se cerraba uno de sus extremos y, a continuación, se rellenaba con mortero bien compactado que formaba una especie de colchón entre la arcada sustentante y la sostenida.

Este método se simplificaba a veces eliminando el relleno intermedio y construyendo los arcos de refuerzo directamente adosados a la bóveda agrietada. De esta forma, creo, se consolidaron muchos monumentos pompeyanos dañados por los movimientos que precedieron la gran erupción. Podemos citar, entre otros, las termas y el anfiteatro. Hay que mencionar, asimismo, el caso de una bóveda que según se dice en una inscripción fue «apuntalada con arcos de refuerzo» de doble espesor que apoyaban sobre machones de nueva construcción.[10]

Quizá los arcos de Pompeya puedan interpretarse de otra manera, pero creo que el documento que acabo de citar me libera de entrar en un análisis de dudosos resultados. El caso de los arcos de Pompeya puede ser discutible; pero lo que es indudable es que los romanos usaron arcos similares para prevenir el hundimiento de las bóvedas agrietadas.

3

Procedimientos generales de la construcción de cantería

En las construcciones de hormigón, el principio de economía domina y da unidad a los distintos procedimientos. Las construcciones de cantería no producen una impresión tan simple. La construcción de hormigón admite bajo el revestimiento cualquier disposición que dé una estabilidad suficiente; en la de cantería, por el contrario, la decoración condiciona la construcción y esto supone ya una primera complicación. A ello se suma el peso de la tradición. Los romanos nunca renunciaron a los aparejos ciclópeos que les habían transmitido los antiguos pobladores de Italia. No obstante, los usaron con medida; no querían impresionar con alardes técnicos sino con la amplitud de sus concepciones y la sabia sencillez de sus métodos. En esto siguieron el camino de sus maestros, los arquitectos griegos, evitando innovaciones imprudentes o inútiles. Los métodos de la cantería romana tienen, pues, su origen en Grecia y para comprenderlos debemos primero estudiar los métodos de la arquitectura griega.

Labra y asiento de las piedras

Comencemos por examinar la columnata inacabada del templo de Segesta (lám. XXIII). Un primer examen de esta ruina revela una serie de marcas y resaltos, más

o menos irregulares, sobre la superficie de los sillares, indicios de los procedimientos de preparación y asiento de las piedras. Así, en la figura, podemos ver, por ejemplo, unos cubos salientes N en las esquinas de los sillares del estilóbato, unos rebordes A y D en la unión de los dinteles del arquitrabe y unos prismas verticales B en las aristas de los ábacos.

¿Qué función tenían estos resaltos? ¿Se trata de una preparación para la decoración, o bien son medios para proteger los ángulos, aristas y paramentos durante el asiento de las piedras? Seguramente es que se pretendían las dos cosas, pero creo que la segunda motivación tiene un mayor peso. En el período romano, los cubos salientes N de las esquinas se convirtieron en largos prismas, como los de la figura 59 tomada del pórtico llamado Ágora de Atenas.

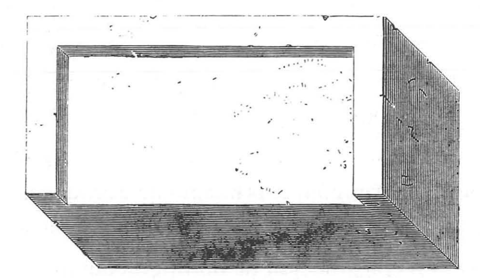


Figura 59. Sillar con prismas perimetrales de resalto (Ágora de Atenas)

Estos resaltos no eran meramente decorativos, servían para proteger las piedras de los choques, y aparecen ya en los monumentos del arte griego primitivo. Si tras el retundido y repaso final de los sillares quedaban todavía intactos se consideraba el incorporarlos a la decoración; en caso contrario se eliminaban.

Esto último fue lo habitual en los primeros siglos del arte griego, pues pensaban que terminada su función era natural que desapareciesen. Más tarde, la protección de los ángulos dejó de tener sentido, ya que a la vista de las numerosas incorrecciones que aparecían por todas partes la construcción se estaba volviendo más descuidada. No obstante, los griegos siguieron tallando cubos y prismas de resalto en los ángulos de los sillares, que ahora eran ya simples ornamentos y empezaron a decorarlos con molduras. En el teatro de Baco encontramos ejemplos de esta transformación; la figura 60 intenta caracterizar, con cierta exageración, el aspecto de algunos sillares encontrados en las ruinas de este curioso edificio.

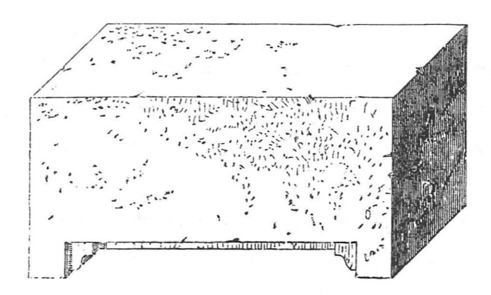


Figura 60. Sillar con resaltos decorados con molduras (teatro de Baco)

Volvamos ahora nuestra atención a los sillares del arquitrabe de Segesta. Las mismas observaciones que hicimos en relación con las piedras del basamento se aplican aquí. Es evidente que los rebordes A y D (lám. XXIII)[1] no son ornamentales; situados en la zona de contacto de los sillares, su función es evitar que se desportillen las aristas por posibles choques al sentar los sillares. Cuando la construcción del templo se interrumpió estos rebordes se habían eliminado ya en parte, empezando como es natural por los paramentos exteriores. Asentados los sillares y desaparecido, por tanto, el peligro de los choques, los griegos se apresuraban a eliminar este exceso de material que ya no tenía razón de ser.

Estos resaltos A, D habrían sido superfluos si las piedras se hubieran sentado sobre un baño de mortero, pues esta capa semifluida habría amortiguado los golpes bruscos. Pero en la construcción en seco los choques podían dañar seriamente las aristas. Los prismas B en las aristas verticales del ábaco de Segesta y los almohadillados de los sillares del estilóbato tenían un papel de protección análogo. No eran ornamentos que debían permanecer una vez terminado el edificio.

Los almohadillados, como los cubos N de las esquinas, podían servir después de ornamentación o ser eliminados una vez realizado el asiento de las piedras. Es probable que los sillares del frontón tuviesen originalmente el mismo tipo de resaltos, y que éstos se hubieran hecho desaparecer después del exterior del templo al mismo tiempo que los rebordes A. En la trasera del frontón hay almohadillados que no fueron eliminados que nos dan idea del aspecto que tendrían las piedras durante la ejecución.

Pasemos a ver cómo procedían en la labra y acabado de las distintas partes del edificio. Empecemos por las columnas. Los antiguos preparaban en el taller de

cantería solamente los lechos y sobrelechos de los tambores, dejando las marcas de sus correspondientes estrías, pero dejando el resto de la superficie en bruto. Una vez sentadas las piedras, un repaso posterior daba a la superficie su aspecto acanalado definitivo. Al lado del muro septentrional de la Acrópolis de Atenas hay un templo en ruinas —se cree que son los restos del antiguo Partenón de los Pisistrátidas— cuyas columnas inacabadas (la invasión de los persas obligó a suspender la construcción) presentan ese aspecto en bruto, a falta del repaso final.

En el resto se procedía de manera similar. Antes de comenzar el repaso final de la sillería esperaban a terminar toda la ornamentación. Después comenzaban el repaso por la parte superior, descendiendo de las cornisas a los entablamentos, pasando luego a los capiteles, momento en el que tallaban las estrías en los fustes de las columnas. Como ya hemos dicho, en épocas posteriores, estos trabajos preparatorios se dejaron vistos. ¿Cuál fue el motivo, el gusto o la economía? Al menos podemos afirmar que estas formas provisionales no desagradaban a los griegos. En algunas ocasiones, considerando quizá superfluo el repaso final, dejaron las columnas en bruto; así se encuentran en el gran templo de Eleusis, en el pórtico de Thoricus, en uno de los templos de Rhamnus, en las ruinas de Delos, etc.[2]

En construcciones más sencillas, sin paramentos curvos, esperaríamos encontrar métodos de labra más sencillos; sin embargo, encontramos los mismos métodos, simplificados, pero todavía reconocibles. Por ejemplo, consideremos el caso de un muro recto. Los griegos asentaban sillares en los que solamente las juntas estaban terminadas y cuyos paramentos permanecían en bruto o con un ligero desbaste. Una vez sentados los sillares, era preciso recorrer toda la superficie realizando un retundido general, operación que se realizaba sin errores gracias a las tiradas perimetrales que definían la forma exacta de las caras de los sillares.

Encontramos una prueba de esta forma de proceder en las construcciones inacabadas del ala sur de los Propíleos de Atenas (fig. 61), donde la irregularidad de las superficies muestra que el paramento está sin terminar. Sólo las caras de cada sillar están recuadradas por tiradas bien labradas; el resto debía ser repasado in situ para que el paramento adquiriese el aspecto uniforme que tiene en las partes terminadas del edificio.

En definitiva, los griegos seguían el mismo procedimiento para retundir un paramento plano que para labrar las estrías de una columna, tallaban previamente unas marcas que servían después de guía al cincel en la delicada labra definitiva de

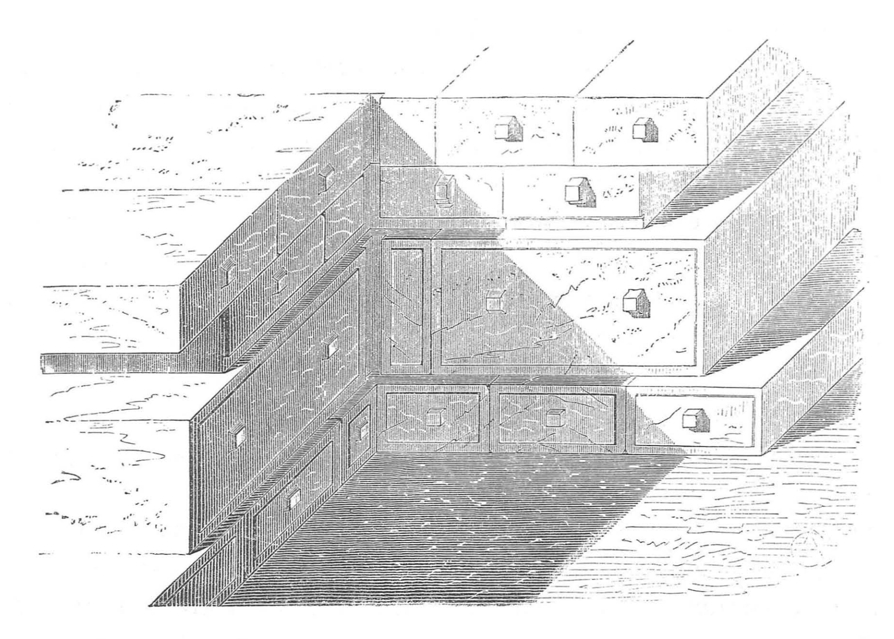


Figura 61. Muros de sillería inacabados (Propíleos de Atenas)

las superficies. Pero había ocasiones en las que se prefería evitar el coste y los retrasos de un retundido in situ, y de las operaciones precedentes. Renunciaban entonces a conseguir un buen acuerdo de las hiladas y rompían la continuidad con canales de almohadillado o mediante retranqueos (fig. 62).

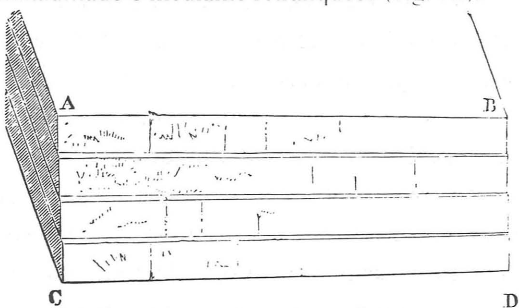


Figura 62. Aparejo de hiladas retranqueadas

De esta forma, sin un repaso final, se construyeron los muros de la Acrópolis de Atenas, de las fortificaciones del Pireo, etc... Éstos últimos (fig. 63) merecen una atención especial.

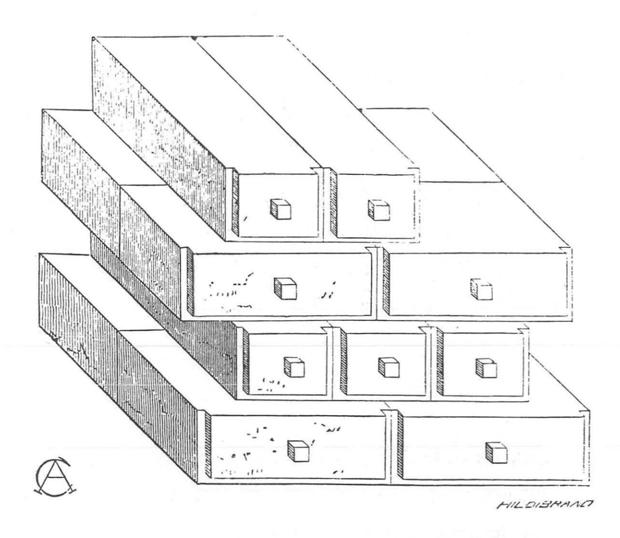


Figura 63. Sillería de los muros de las fortificaciones del Pireo

Estos muros nos ofrecen un nuevo ejemplo de la tendencia que consistía en trasformar en decoración lo que antes sólo tenía una finalidad práctica. Los recuadros rehundidos que en los Propíleos (fig. 61) servían sólo para facilitar el repaso final se dejan aquí vistos y las piedras conservan el acabado en bruto que tenían al ser sentadas. Antes los recuadros, no muy numerosos, limitaban grandes superficies de muro, pero ahora se multiplican quedando profundas hendiduras que discurren a lo largo de las aristas de los bloques.

Otro elemento que derivó en motivo decorativo son una especie de tetones u orejuelas salientes R que los antiguos griegos dejaban normalmente en medio de cada sillar (lám. XXIII). Éstas servían para mover y levantar los sillares y, también, de testigo para marcar el espesor de piedra eliminado por el desbaste y poder valorar así la retribución de los obreros.[3] Más tarde, los arquitectos griegos convirtieron estos mismos salientes en ornamentación. Vemos que en los Propíleos (fig. 61) y en el templo de Segesta (lám. XXIII) se los hizo desaparecer más tarde; sin embargo, en los muros defensivos del Pireo (fig. 63) se los dejó como decoración; hay que reconocer que estos salientes combinados con el sucesivo retranqueo de las hiladas dan a los paramentos una extrema elegancia.

La influencia que esta labra preparatoria ejerció sobre el arte antiguo es evidente, y sus aplicaciones más notables se remontan a los siglos V y VI antes de nuestra era. El aspecto de estos edificios (con frecuencia inacabados) acostumbró a la vista a las formas provisionales y sin desbastar. Más adelante, estas formas, ya venerables por su antigüedad, se siguieron empleando aunque las necesidades prácticas y los procedimientos que las habían dado origen se hubieran abandonado hace tiempo. Así, mientras el carácter de la arquitectura iba modificándose imperceptiblemente, estas formas exteriores permanecían invariables, pasando algunas de ser soluciones constructivas a motivos decorativos.

Los muros

Estos cambios apenas influyeron sobre las características generales del aparejo, que en los últimos tiempos del arte griego fue el mismo de los siglos VI y V a. C. En la figura 64 se muestra el aparejo típico de los primitivos griegos, que siguió siéndolo en Roma durante todo el Imperio.

Nunca hay en una misma hilada unas piedras dispuestas a soga y otras a tizón; o bien todas las piedras de la hilada atravesaban el muro de parte a parte; o bien ninguna lo hacía. Así, una hilada de tizones o perpiaños (fig. 64, arriba) alternaba regularmente con una hilada formada por una doble hilera de sillares sentados a soga (misma figura, abajo).

Este aparejo resulta muy adecuado para los muros macizos de sillería característicos de la construcción griega. Sin embargo, el muro romano, que se componía de paramentos de sillería y un relleno de hormigón tuvo que modificar este aparejo adoptando siempre una de las dos soluciones que se citan a continuación.

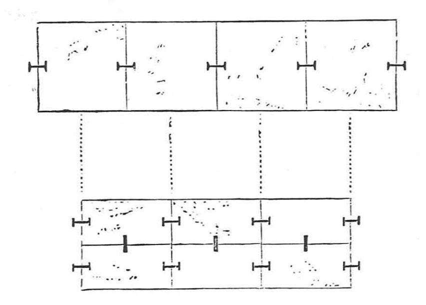


Figura 64. Aparejo de sillería griego

La primera consistía en alternar un hilada de tizones con una hilada de sogas, dando a los paramentos el aspecto indicado en la figura 65. En la segunda solución (la más frecuente) se alternaban hiladas completas de sogas con hiladas mixtas formadas por sogas y tizones, figura 66. Éstas son las dos únicas variantes y nunca se han encontrado en ningún edificio romano dos hiladas mixtas superpuestas directamente; siempre hay una hilada de sogas interpuesta de manera que los tizones forman una suerte de adarajas o dientes que se embuten en el hormigón.

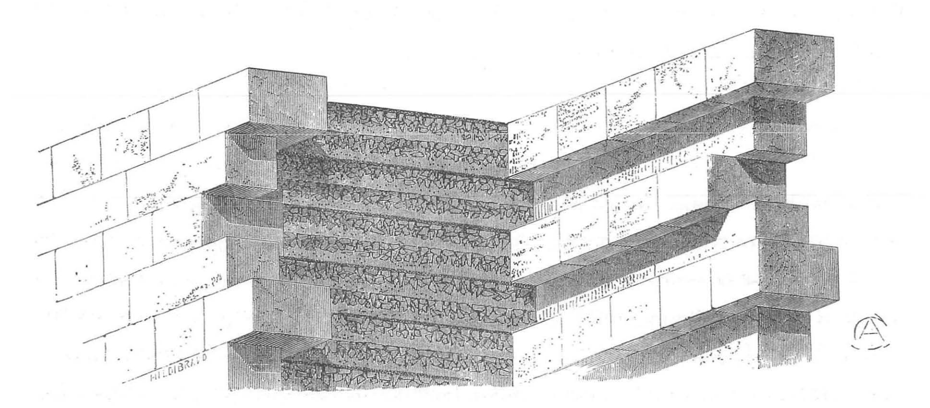


Figura 65. Aparejo de hiladas a soga alternadas con hiladas a tizón

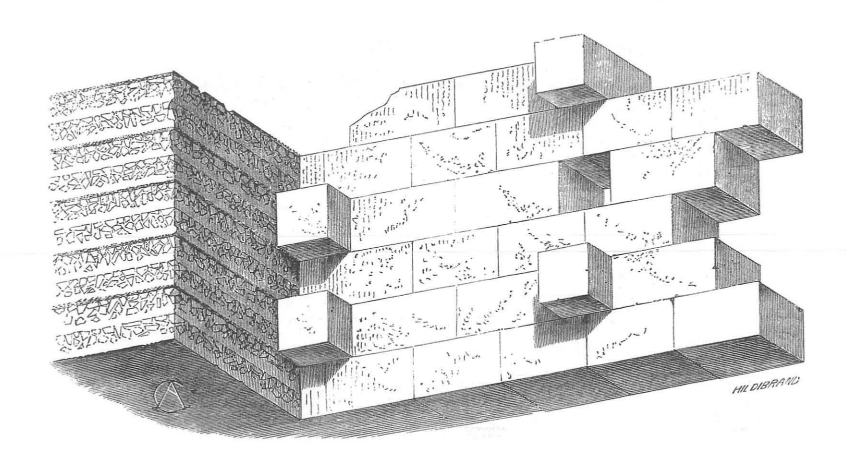


Figura 66. Aparejo de hiladas a soga alternadas con hiladas mixtas a soga y tizón

Este aparejo aúna solidez y economía, y su empleo sería recomendable incluso hoy día, por su excelente conexión con el hormigón. En efecto, una buena unión con el hormigón no se consigue sin más multiplicando las piedras que se embuten en los macizos, pues si los tizones están demasiado próximos, y cortan y dividen excesivamente el hormigón en que se embeben éste cedería al primer esfuerzo que tendiera a separar el paramento. Por contra, el tipo de aparejo de que hablamos elimina esta posibilidad, ya que los tizones presentan una separación suficiente, de manera que aunque unen enérgicamente el paramento al relleno de hormigón, no hacen peligrar la unidad del núcleo.

Las aplicaciones de este nuevo tipo de construcción son muy numerosas. Este aparejo se utilizó en el basamento de la tumba de Cecilia Metela y en el mausoleo circular situado entre Roma y Albano, conocido como Casale Rotondo. En ambos monumentos, los sillares a soga han sido arrancados, habiendo permanecido los tizones que, rotos a ras del hormigón, destacan como rectángulos blancos aislados sobre el fondo grisáceo de los muros. Citaré, finalmente, el muro romano con contrafuertes que soporta la plataforma del Templo de Júpiter Olímpico en Atenas (figura 67), donde nuevamente alternan hiladas con y sin tizones de unión, lo que, como hemos visto, es una característica esencial de las sillerías que revisten los hormigones romanos.

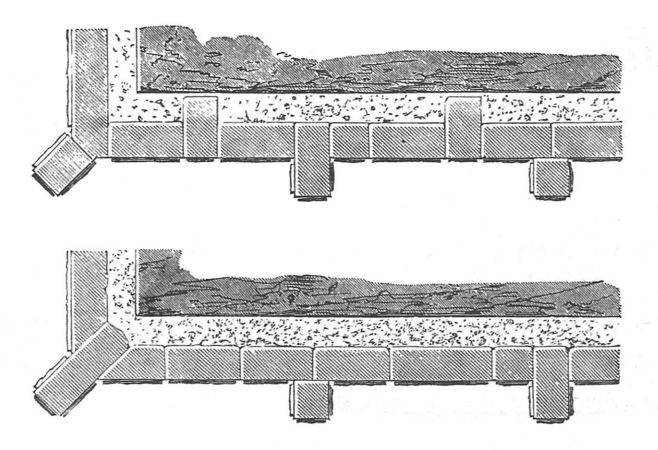
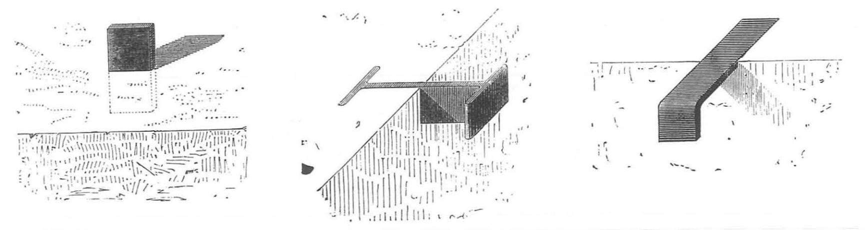


Figura 67. Muro romano con contrafuertes (templo de Júpiter Olímpico en Atenas)

Otro detalle característico y bien conocido es la ausencia de mortero en las juntas. Incluso cuando los sillares debían unirse a macizos de hormigón, se sentaban siempre en seco. Esta práctica no responde a un motivo estético, ya que se daba tanto en las construcciones que quedaban vistas y participaban en la ornamentación, como en aquellas en las que las juntas estarían ocultas y su aspecto era indiferente, por ejemplo, en los muros transversales que después se cubrían con enlucidos o en los macizos de carretales y piedras en bruto que formaban los cimientos de los edificios romanos.

Para comprender esta ausencia de mortero, hay que considerar la idea que los romanos tenían de su función. Para ellos el mortero era sólo un aglomerante y nunca pensaron en emplearlo para transmitir o regularizar las presiones entre las piedras. En sus construcciones de hormigón el mortero formaba una especie de «ganga» plástica que englobaba los guijarros formando un aglomerado artificial, papel que evidentemente no podía tener en las construcciones de cantería, formadas por grandes bloques regulares. Como lo consideraban inútil, simplemente lo eliminaron, intentando unir los sillares entre sí mediante piezas de hierro fuertemente empotradas.

No entraré a describir las distintas formas que adoptaron los hierros empleados para unir los sillares de los edificios. Como antes, encontramos en los monumentos griegos los modelos usados por los romanos. Los griegos usaban para estas grapas o llaves el hierro —nunca el bronce— que luego soldaban con plomo a la piedra.



Figuras 68, 69 y 70. Tipos de grapas de unión entre sillares, empleadas por los romanos

Los romanos siguieron esta tradición. En las figuras 68 a 70 se han dibujado algunos de estos hierros de unión encontrados en sus edificios. En ocasiones, en vez de grapas emplean llaves en cola de milano, de metal, madera o incluso mármol. En la figura 71, basada en un puente del sur de la Galia (puente de Gallargues) se ha representado el modo de empleo de una de estas uniones.

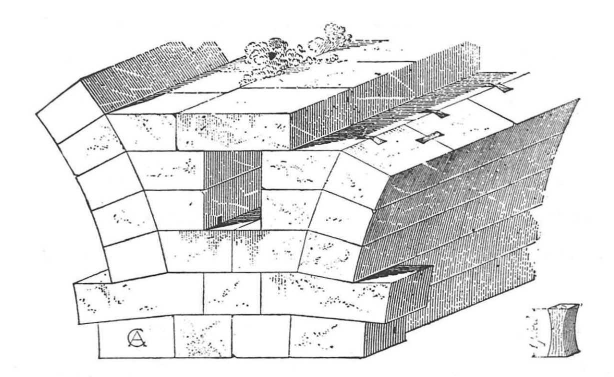


Figura 71. Uniones entre sillares empleadas en el puente de Gallargues

Otra forma de unión, figura 72, era embutir con plomo en la piedra superior un taco G, más grueso en sus extremos, que se introducía en una caja practicada en el sobrelecho inferior, donde luego se vertía plomo fundido a través de una canaleta practicada previamente en el sillar. Este sistema es el más reciente y fue también el más utilizado. Sin embargo, su empleo en vez de garantizar la duración de las construcciones, contribuyó de manera indirecta a su ruina. El metal encerrado entre los muros excitó la codicia de los bárbaros que sucedieron a los romanos en Italia. Las canaletas de vertido del plomo indicaban el lugar de las uniones, y los monumentos romanos presentan donde antes estaban las llaves de metal, toscos agujeros que sirvieron para extraer el hierro y el plomo que las formaban.

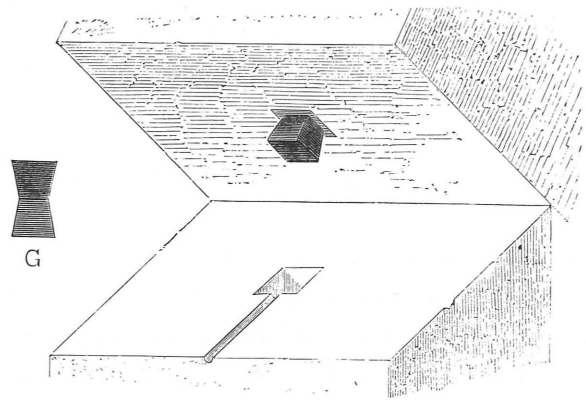


Figura 72. Unión de sillares a caja y espiga

Consideremos ahora el problema del levantamiento de las piedras: ¿de qué recursos disponían los romanos? Según una opinión muy difundida, se limitaban a arrastrar las piedras hasta su lugar mediante planos inclinados, pero el fundamento de esta opinión es discutible. Puede ser que este sistema se aplicara a las construcciones de bloques gigantescos que marcan el inicio de la civilización. Pero extender a griegos y romanos la idea de construir calzadas provisionales con el único fin de transportar los materiales a la cima de los edificios es, en mi opinión, atribuirles gratuitamente un método cuya costosa simplicidad contrasta con la tendencia romana a evitar, en lo posible, las obras auxiliares. Además, en favor de esta teoría sólo se pueden invocar algunos textos vagos[4] mientras que las ruinas, por el contrario, testimonian el empleo de métodos menos primitivos y costosos.

En efecto, unas veces (lám. XXIV, 5) las piedras presentan en caras opuestas ranuras en forma de herradura que permitían suspenderlas por cuerdas; otras, un canal de la misma forma aparece horadado en la masa para permitir el paso de un cable. En ocasiones, una caja que se ensancha hacia el fondo revela el empleo de este ingenioso sistema de cuñas que recibe el nombre de «castañuela» con el que se podían coger los bloques mediante cuerdas; o bien dos cajeados cercanos posibilitan el empleo de la «tenaza» citada por Vitruvio entre las herramientas para el levantamiento de las piedras.[5] Estos indicios, por sí solos, nos revelan el empleo de una serie de máquinas que, mejor o peor construidas, no pueden diferir esencialmente de las que empleamos hoy día. Por ejemplo, el empleo de las castañuelas implica la tracción por cuerdas y, por tanto, el empleo de poleas fijas a mástiles especiales o a los andamios.

La magnitud de los pesos que movían los antiguos hace pensar que las poleas estaban dispuestas de manera que aumentaban la fuerza disminuyendo el recorrido. Además, los textos son elocuentes: el principio del polipasto (una combinación de poleas) ya aparece en las obras teóricas de los antiguos griegos;[6] Vitruvio, en el primer siglo antes de nuestra era, habla en su tratado de las cabrias de torno y de rueda y de los distintos tipos de polipastos que se le aplican, de las combinaciones de cabrias y cabrestantes, etc., todo ello descrito con tal claridad y precisión, que al leer los primeros capítulos de su décimo libro nos parece estar leyendo un moderno libro sobre grúas y máquinas de elevación. Me parece inútil describir máquinas que estamos viendo funcionar a diario en nuestras obras, pero merece la pena hacer una observación. Cuando el monumento debía elevarse a una altura de-

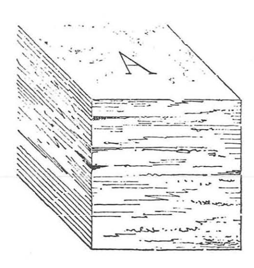
masiado grande como para que una cabria apoyada en el suelo permitiera subir los materiales, los romanos evitaban, siempre que era posible, montar esos grandes andamiajes que forman como un edificio construido rodeando a otro edificio. Fieles a su principio de reducir los medios auxiliares, empleaban un andamio volado que apoyaba sobre ménsulas empotradas en la fábrica y que se desplazaba a medida que la construcción crecía. Éste es el caso del puente de Narni, del Pont du Gard, etc. Las ménsulas aisladas que salen de los paramentos muestran claramente la idea de estos armazones móviles. No es difícil imaginar alguna especie de grúa apoyándose sobre estas ménsulas, cuyo empotramiento quedaba asegurado cargando sus colas embebidas en la fábrica. De esta forma, el armazón sería perfectamente estable, cómodo y podría desplazarse con facilidad. Nos basta con comprender el principio y sus ventajas, pues aunque un estudio particular de la disposición de estas esperas de piedra podría desvelar detalles sobre la instalación y forma de estas grúas móviles, su restitución sería en gran parte hipotética y me alejaría de mi objetivo, que es ceñirme al estudio de los principios generales de la construcción de cantería en la antigüedad. Nos quedan por estudiar dos de sus principales aplicaciones: los dinteles monolíticos y las bóvedas de dovelas.

Construcción por dinteles monolíticos

En las primeras épocas de la arquitectura los griegos dieron pesadas proporciones a sus edificios, la limitada luz de los intercolumnios y, sobre todo, el gran espesor de los arquitrabes garantizaban su solidez. En estas macizas construcciones la piedra estaba tan lejos de alcanzar sus límites de resistencia que no parecía necesario artificio alguno que le ayudase a salvar los vanos. Pero en el siglo VI a. C., la riqueza material y el gusto por la elegancia llevó a los griegos a construir monumentos más grandes y esbeltos. Los arquitectos vieron con inquietud cómo las posibilidades de rotura aumentaban enormemente y, cuando la luz les parecía excesiva, tuvieron la ingeniosa idea de colocar a contralecho las piedras de arquitrabes y dinteles. Los romanos adoptarían después esta misma idea. A continuación intentaré demostrar la veracidad de esta práctica y su forma de aplicación en ambas arquitecturas.

Empezaremos tomando como ejemplo el gran templo de Paestum. Este monumento está construido con un mármol travertino de estructura claramente estrati-

ficada, casi foliácea. Esta piedra resiste muy bien la compresión siempre que se siente según su lecho de cantera (fig. 73, a). Sin embargo, dispuesta como dintel o viga, salvando un vano, sólo puede trabajar bien a flexión si los estratos se orientan de canto, a contralecho (fig. 73, b).



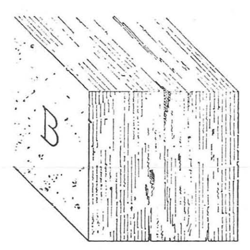


Figura 73. Posiciones de un dintel: (a) según su lecho de cantera; (b) a contralecho

Como revela el examen de las distintas partes del gran templo, los arquitectos tuvieron en cuenta esta propiedad y dispusieron las piedras a lecho o contralecho según su forma de trabajo, lám. XXV.

¿Cuáles son las piedras que trabajan a flexión y cómo están sentadas? Con el arquitrabe exterior A no hay duda posible: debía estar y está construido por losas puestas de canto, con los lechos de cantera paralelos al paramento. Igualmente, el arquitrabe B que corona el orden superior de la cella y que recibía en toda su longitud directa o indirectamente la carga de una techumbre (solicitándolo a flexión) tiene, de acuerdo con el principio expuesto, los sillares sentados a contralecho. Nótese que la sección de estos dinteles es rigurosamente cuadrada,[7] por tanto, desde el punto de vista del gasto de material era indiferente sentarlos de una forma u otra. ¿Hubieran sentado los arquitectos los sillares de esta forma inusual de no haber considerado un aumento de la resistencia? Además, precisamente siguiendo la misma lógica, la losa moldurada C que corona el arquitrabe anterior, interpuesta entre éste y la techumbre, y que sólo trabaja a compresión, se sentó a lecho de cantera.

En el friso exterior se encuentran piedras también dispuestas a contralecho, pero aquí los motivos resistentes no tienen peso, ya que el friso tiene un papel fundamentalmente decorativo. Su labra debía dar a los paramentos la mayor regulari-

dad posible, y esto se conseguía más fácilmente siguiendo el lecho natural de la piedra, lo que explica aquí la disposición a contralecho.

Examinemos a continuación los sillares del arquitrabe D del orden inferior de la cella. Éstos están sometidos a dos formas contrapuestas de trabajo, por una parte las piedras tenderían a flectar por su propio peso, pero por otra se encontraban comprimidas entre el capitel de las columnas inferiores y la basa de las superiores. Dado que el esfuerzo a compresión es el predominante, los dinteles D se sentaron según el lecho de cantera. Hasta aquí la decisión tomada parece completamente justificada. Sin embargo, cabría preguntarse si un tercer esfuerzo no vendría a complicar la situación. He dibujado al nivel del arquitrabe D una losa que ha desaparecido pero que, sin duda, existió. ¿Apoyaba como he indicado sobre unos dinteles especiales P o quizá cargaba directamente sobre los sillares D del arquitrabe? En este segundo caso el arquitrabe estaría sometido a una nueva flexión y esto invalidaría todo el razonamiento anterior sobre el asiento a lecho de los dinteles D.

Es necesario que consideremos el ajuste de la losa pues sólo así sabremos hasta qué punto el empleo de piedras a contralecho respondía realmente o no a la aplicación de un principio resistente.

Afortunadamente no hay duda posible en cuanto a que la colocación de dicha losa no cuestiona nuestra hipótesis. Observemos primero el arquitrabe superior B. Éste está coronado por una piedra plana moldurada en sus dos extremos. Sin embargo, el arquitrabe inferior presenta una única moldura hacia la nave central. ¿Por qué? El arquitrabe superior debía ser visible desde ambos lados, mientras que el arquitrabe inferior tenía la cara recta escondida. ¿Qué obstáculo podría ocupar el lugar de esa moldura sino una losa dispuesta como indica la figura?

Esta conclusión se ve reforzada al considerar las analogías que existen entre los templos de Paestum y Egina. Ambos son semejantes en todos los sentidos: la misma distribución en planta, la misma subdivisión de la cella en naves por columnatas de dos pisos, el mismo aparejo...También en Egina, como en Paestum, el arquitrabe del piso inferior está moldurado sólo en una de sus caras (lám. XXIV, 5). Pero además en Egina encontramos un indicio que falta en Paestum, la marca de las entregas (K) que los dinteles transversales P' que soportan la losa han dejado en el arquitrabe. Con seguridad, en Paestum la disposición era semejante y, consiguientemente, el arquitrabe inferior D sólo soportaba a flexión su propio peso,

mientras que en sus extremos soportaba fuertes esfuerzos de compresión. Había que sentarlo, pues, según su lecho de cantera.[8]

Este notable edificio de Paestum nos ha servido para explicar la única solución que los antiguos griegos empleaban para aumentar la resistencia de sus dinteles monolíticos, o para incrementar su luz.

Aunque los romanos se valieran de la construcción abovedada, recurrieron en más de una ocasión a dinteles en los que las piedras se sentaban también a contralecho. Las aplicaciones más notables se encuentran en la arquitectura de una región muy influida por las tradiciones griegas, Provenza.

El anfiteatro de Arlés presenta en todo su perímetro una galería de dos pisos formada por cañones de ejes normales al eje de la galería, cuyos arranques descansan sobre grandes dinteles de piedra (lám. XVII, 1). Esta disposición tenía ventajas de distribución que no vienen al caso justificar aquí, pero desde un punto de vista constructivo el aparejo tiene el inconveniente de hacer cargar el peso de los cañones sobre los dinteles, expuestos así a la rotura. Una alternativa hubiera sido despiezarlos en dovelas formando una platabanda, pero entonces —actuando como arcos— habrían producido un empuje sobre los soportes que no tenía contrarresto. Los romanos debieron ver menos arriesgada la primera solución y optaron por el dintel monolítico. Eso sí, los sentaron de la forma más favorable a su resistencia: los dos dinteles que aparecen en la figura están a contralecho.

Esta disposición no puede atribuirse al azar o a una equivocación. En los más de cien de estos dinteles que sobreviven no hay ninguno que no siga la regla anterior.[9] Además, como en Paestum, los dinteles están labrados en bloques de sección cuadrada (fig. 74).

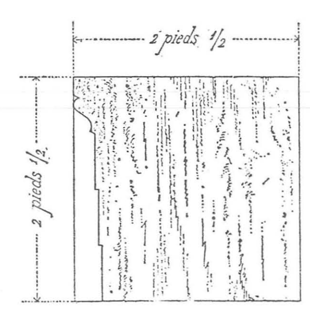


Figura 74. Dinteles labrados en un bloque cuadrado (anfiteatro de Arlés)

En efecto, al medir cualquiera de ellos encontramos que su espesor, comprendiendo las molduras, es igual a su altura, lo que indica que cuando salieron de la cantera las piedras presentaban ambos lados iguales. Era indiferente, pues labrarla de una o de otra forma. Sólo las consideraciones de resistencia guiaron a los canteros; tanto en Arlés como en Paestum las mismas exigencias condujeron a las mismas soluciones.

No es necesario buscar más ejemplos. La idea que guiaba a los antiguos para sacar el máximo partido a la construcción adintelada ha quedado expuesta con claridad: aprovechar el aumento de resistencia que presentan las piedras sentadas a contralecho para lograr espaciar más los soportes de sus edificios. Para ir más allá, para aumentar todavía más la resistencia de los arquitrabes o para espaciar más los apoyos, había que cambiar radicalmente el sistema de construcción, era preciso renunciar a los dinteles monolíticos y recurrir, bien a las bóvedas de hormigón, bien a las de cantería. A continuación estudiaremos éstas.

4

Las bóvedas de cantería

Bóvedas de cañón

Al estudiar las bóvedas de cantería veremos una serie de procedimientos cuyo origen no es romano sino etrusco. En la construcción etrusca, o en aquella que nace bajo su influencia directa, aparecen ya todos los tipos de bóvedas. Si la Cloaca Máxima presenta una vuelta de cañón, en la prisión Mamertina encontramos una bóveda plana; por su parte, el canal de desagüe del lago de Albano terminaba, en la zona de la llanura, en una bóveda cónica sobre machones abocinados y, finalmente, las puertas del teatro de Ferrento tenían, en lugar de dinteles monolíticos, arcos adintelados. Hay que reconocer que estas bóvedas son en su mayoría sólo ensayos groseros e imperfectos, cuyas irregularidades reflejan la inexperiencia del constructor (véase, por ejemplo, la figura 75).[1]

Sin embargo, otras veces el aparejo alcanza una rebuscada elegancia. Así, en el arco de Volterra las piedras de formas y tamaños diferentes se alternan regularmente, para evitar en lo posible usar dovelas de grandes dimensiones. La figura 76 muestra el intradós desarrollado de este arco, notable ejemplo del refinamiento que puede alcanzar la cantería etrusca.

Los etruscos añadieron al arco de medio punto —que no es necesario recordar conocían desde épocas remotas— motivos ornamentales como la imposta, la clave esculpida y la arquivolta, que serían consagrados por la tradición y se convirtieron

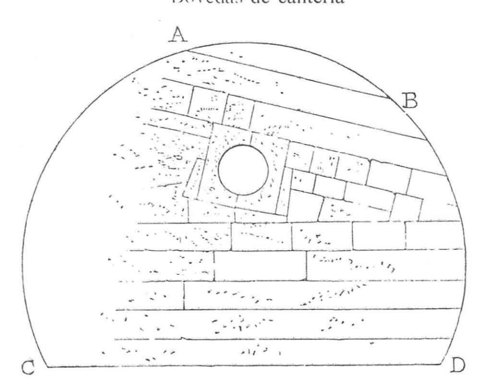


Figura 75. Irregularidades en la cantería de influencia etrusca (bóveda plana de la prisión Mamertina, Roma)

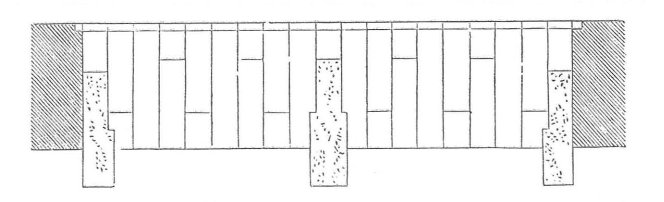


Figura 76. Arco de cantería con dovelas contrapeadas (Volterra)

en elementos esenciales de la arcada romana (recordemos la puerta de Falerii). Una bella ordenación a la que los romanos sólo supieron añadir detalles insignificantes, a veces desdichados, pues su atención se centraba en los procedimientos de ejecución y en la reducción del coste, ya fueran las bóvedas de cantería o de hormigón.

Este deseo de economía se manifiesta, por ejemplo, en la práctica de cimbrar sólo la parte superior de las bóvedas de cantería sobre dovelas salientes, como las que pueden observarse en el Pont du Gard (fig. 77), en el puente de San Bartolomé en Roma, etc. Cuando esta zona situada por debajo de las ménsulas se construyó sin cimbra, se unían las piedras mediante caja y espiga para prevenir el posible deslizamiento. Este tipo de uniones puede verse en gran número en las ruinas del Coliseo (fig. 78).

Independientemente del método empleado para asegurar las piedras inferiores de los arranques, nos consta que no se apoyaron en soporte exterior alguno.

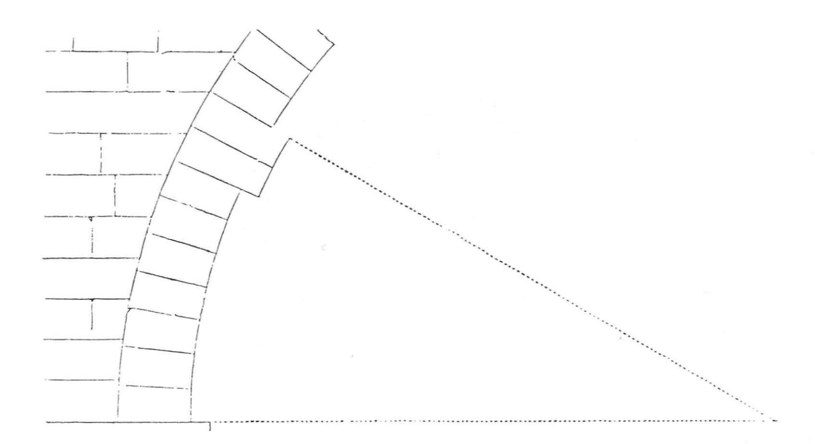


Figura 77. Dovelas en ménsula para recibir las cimbras (Pont du Gard)

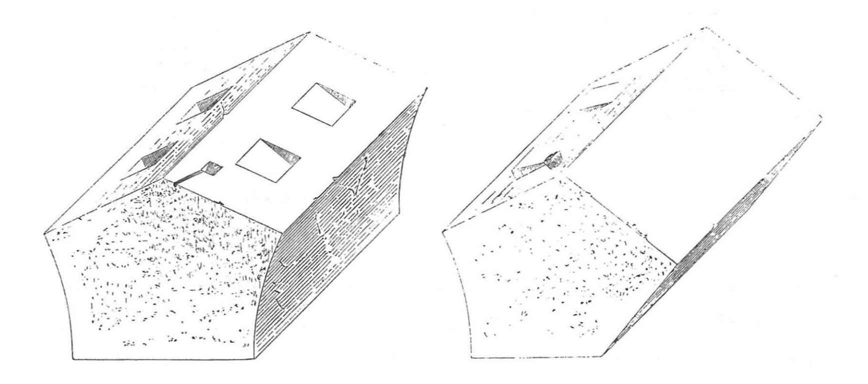


Figura 78. Uniones a caja y espiga entre las dovelas inferiores de una bóveda (Coliseo)

Encontramos una prueba en este sentido en el intradós de una bóveda romana cerca del camino de Eleusis. Este intradós es basto y rugoso en los arranques, pero se vuelve liso y regular en la parte superior. La explicación es que dovelas que no se apoyan en nada no precisan el labrado y alisado necesario para el buen apoyo de una dovela sobre la tablazón de la cimbra.

Una vez eliminada la parte inferior de la cimbra, el siguiente paso era intentar simplificar la parte restante, elegir el aparejo que permitiese una cimbra más sencilla y barata. De esta forma se construyó el Pont du Gard.

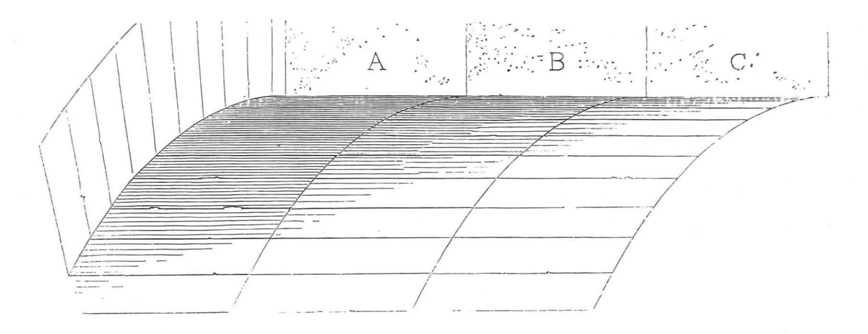


Figura 79. Formación de una bóveda de cantería por arcos yuxtapuestos (Pont du Gard)

Las dovelas del Pont du Gard no se aparejan a juntas encontradas, como en una bóveda moderna; por el contrario, cada arco está compuesto por una serie de arcos elementales yuxtapuestos, figura 79. Las boquillas de las dovelas son siempre iguales y la bóveda aparece dividida en rebanadas independientes, una discontinuidad que se justifica fácilmente desde el punto de vista económico. En efecto, para cimbrar una bóveda de este tipo se precisan sólo cuchillos en los planos testeros y en cada unión de arcos elementales; cada dovela apoya entre dos cerchas y no hace falta tablazón (fig. 80).[2] La única dificultad consiste en conseguir dovelas exactamente iguales, problema que en el caso del Pont du Gard se solventó fácilmente pues la piedra, que procedía de excelentes canteras, permitía cortes iguales, sin apenas residuos, lo que abarataba todavía más la construcción. En esta misma región del Gard encontramos otras excelentes aplicaciones de este aparejo de arcos

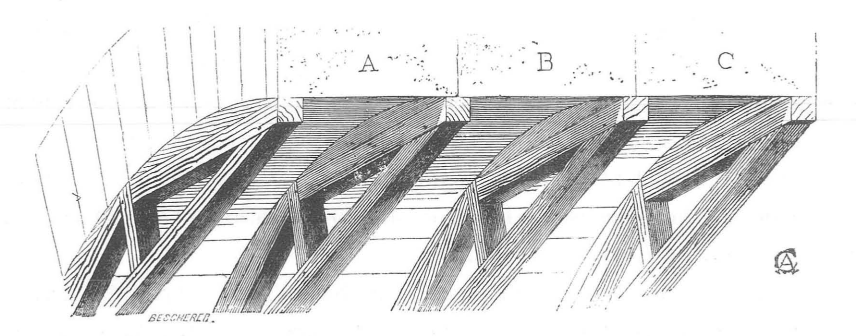


Figura 80. Construcción de bóvedas de cantería sin forro sobre las cimbras (Pont du Gard)

independientes. Podemos citar, no muy lejos, los arcos del viaducto que salva el valle del Vidourle en Sommières, las bóvedas superiores del anfiteatro de Arlés (lám. XVII, 1), las de la arena de Nimes y las que cubren las galerías laterales del llamado templo de Diana. Este tipo de aparejo discontinuo se adaptaba tan bien a los materiales de la región que, cuando en el siglo XII los arquitectos medievales construyeron el puente de Saint-Bénézet en Aviñón, retomaron la tradición consagrada por aquellos magníficos ejemplos.

Este sistema permitía eliminar toda la tablazón del forro de la cimbra. Pero los romanos, no conformes con esto, trataron de perfeccionarlo reduciendo la carga sobre los cuchillos con disposiciones como las que mostramos en la figura 81.

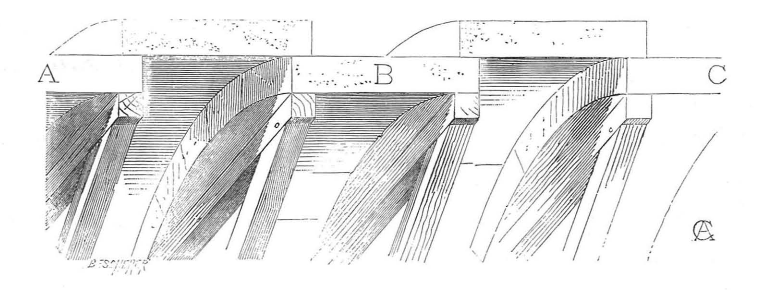


Figura 81. Sistema romano de reducción de la carga sobre las cimbras

Los arcos A, B y C quedan ahora separados, cubriéndose los vanos con un enlosado curvo. El ahorro es evidente, ya que sobre las cimbras sólo cargan los arcos A, B, y C sin que reciban ninguna carga adicional al estar el enlosado apoyado sobre estos arcos. En otras palabras, los arcos forman un esqueleto resistente durante la construcción que reúne las ventajas del aparejo discontinuo y el empleo de armaduras de piedra: se suprime la tablazón y se reduce la carga (sobre las cimbras).

Encontramos esta solución en un antiguo monumento, perteneciente como el Pont du Gard a la Galia romana, conocido por el nombre de templo o baños de Diana, en Nimes (lám XVI, 1).[3]

Los arcos que forman el esqueleto presentan en su trasdós profundas acanaladuras en las que encajan los extremos de las losas curvas de relleno. En el interior estos arcos forman potentes resaltos, que expresan con gran claridad su función.

El arquitecto aprovechó, en este caso, un aparejo económico para conseguir un efecto ornamental muy afortunado, como siempre sucede cuando la ornamentación tiene su origen en principios de buena construcción.

Este sistema, que resume los recursos prácticos del arte romano, presenta en las regiones francesas y sobre todo en las orientales del Imperio una variante de gran importancia. Para explicarlo he tomado como ejemplo las bóvedas subterráneas de la arena de Arlés, que se sitúan en la galería que está en prolongación del gran eje del anfiteatro (lám. XVI, 3).

En este caso, las losas de relleno no forman una superficie cilíndrica, sino que apoyan sobre tímpanos levantados sobre los arcos, formando una plataforma horizontal. Esta plataforma puede usarse como suelo de un nuevo piso; de esta manera, las mismas losas que sirven de techo de la galería inferior hacen de pavimento de las salas superiores. Se evita así la duplicación que supondría construir dicho pavimento sobre una bóveda.

Este tipo de bóveda tiene, además, otra ventaja: permite que dos galerías se crucen con facilidad haciendo pasar una de ellas por el intervalo entre dos arcos consecutivos de la otra. Encontramos este tipo de cruces en las galerías del anfiteatro de Arlés, y en las láminas del libro que Vogüé ha escrito sobre los monumentos de Siria en los primeros siglos de nuestra era. Esto era de esperar en una arquitectura como la siria que prácticamente se basa en el empleo universal de arcos aislados con enlosados sobre tímpanos. Con este sistema construyeron basílicas de grandes naves (con naves colaterales de dos pisos), casas privadas y tumbas.

Los romanos apreciaban mucho este sistema pues con un gasto mínimo de material presentaba una solidez perfecta. En efecto, tímpanos y losas cumplen un papel análogo al de los rellenos de hormigón en los riñones de las bóvedas (que hemos visto en capítulos anteriores) e impiden la deformación de los arcos. Además, los empujes son fáciles de contrarrestar pues se localizan en puntos aislados. No es necesario aumentar el espesor de los muros perimetrales, y basta ejecutar contrafuertes para cada arco, para lo que se sirvieron con frecuencia de los propios muros transversales de distribución del edificio. El muro exterior de una sala abovedada de este tipo no era ya un estribo que resistía los empujes, sino un simple cerramiento que podía ser perforado, sin pérdida de estabilidad global, por grandes huecos cuya forma y disposición no estaba condicionada por exigencias constructivas. Por ello, estos edificios presentan una gran libertad de distribución y la

arquitectura siria de principios de nuestra era, que conocemos gracias a las investigaciones de Vogüé, presenta multitud de concepciones originales.

Para terminar el estudio de las bóvedas de cantería con nervios, querría hacer un comentario sobre el tipo de aparejo que ensayaron los arquitectos en el puente de Narni. Ensayo fracasado, al parecer, pues el sistema se intentó en un único arco extremo del puente siendo abandonado después (véase la lám. XVI, 2 y 2 bis, y la lám. XXI).

Su aspecto exterior recuerda a la bóveda de cañón con arcos de resalto de los baños de Nimes. Pero no se trata de un enlosado curvo sobre arcos de piedra, ya que aquí los sillares se aparejan de tal forma que es imposible distinguir entre esqueleto y relleno.

Dado que lo más probable es que el cañón se ejecutase por hiladas sucesivas, lo que parecen nervios son simples resaltos para aumentar la rigidez de la bóveda. La resistencia a las deformaciones es prácticamente igual a la de una bóveda maciza del mismo espesor total, pero esta solución es más ligera, y ahí reside, en mi opinión, la ventaja de esta solución.

No intentaré justificar un aparejo que los propios romanos condenaron. Las dificultades de ajuste de todas esas piedras que se entrecruzan, igualan o superan la economía en material y cimbras que resulta de los aligeramientos. Sin duda por esta razón renunciaron a este sistema; este fracaso les previno contra los aparejos rebuscados y, en los tres arcos restantes volvieron a la solución corriente de cañones cilíndricos de dovelas dispuestas a juntas encontradas.

Tipos secundarios de bóvedas de cantería

Hasta el momento hemos estudiado los principios generales de la construcción de cantería y su aplicación a las bóvedas de cañón. A continuación veremos cómo estos resultados se aplican también a otros tipos de bóvedas usuales. Empezaremos estudiando el aparejo de las bóvedas de intradós horizontal, esto es, de los arcos adintelados.

El anfiteatro de Verona es uno de los edificios que mayor número de arcos adintelados presenta, arcos (lám. XXII, 3 y 4) que constan aquí sólo de tres piedras: dos salmeres y una clave. Muchos de ellos evidentemente pudieron construirse sin

cimbras del siguiente modo: cada salmer, formado por una pieza alargada sentada horizontalmente se equilibraba sobre el machón de manera que la mitad de la piedra hiciese de contrapeso a la otra mitad en voladizo. Luego se disponía entre los extremos de los salmeres una clave que, para no producir el vuelco, debía ser estrecha y de poco peso.

Sentada la clave se construía la fábrica superior. La clave dada su poca longitud recibía poca carga y, consiguientemente, producía poco empuje. Por el contrario, los salmeres recibían una carga muy superior, proporcional a su longitud, pero al estar sólidamente empotrados no podían desplazarse. De hecho, para impedir su movimiento antes de sentar la clave se construyó parte de fábrica por encima de sus entregas. Las incorrecciones de la construcción confirman sin lugar a dudas este proceso. La clave, labrada previamente, resulta unas veces demasiado grande y otras demasiado pequeña para cubrir el hueco entre los salmeres, quedando en el primer caso por encima y en el segundo, por debajo de su posición normal (lám. XXII, figuras 3 y 4 respectivamente). Si los salmeres no hubieran estado ya embutidos en la fábrica hubiera sido fácil moverlos y ajustar su posición sea separándolos o acercándolos ligeramente. Pero es evidente que no procedieron así y que aceptaban la situación. Una nueva labra de las claves hubiera supuesto suspender la construcción de la fábrica cuyas hiladas superaban ya el nivel de los arcos, dejando parados a los albañiles. La obra, pues, se continuó y aunque su aspecto muestra en ocasiones extraños defectos, desde un punto de vista puramente constructivo el proceso seguido fue irreprochable.

Es evidente que la construcción no precisaba cimbra alguna, pero no creo que en este caso hubiera tras ello una razón de economía, ya que el precio de salmeres, cuya entrega igualaba al vuelo, semejaba o superaba el coste de un apeo provisional. Lo que obligó a eliminar la cimbra en el apeo de las puertas es su posición, la necesidad de dejar el paso libre. Las puertas eran el único acceso a la arena y el lugar por donde debían pasar los materiales para dejarlos primero a pie de obra y luego transportarlos a su lugar definitivo (A, en la fig. 2 de la lám. XXII). Además, con la altura limitada que podía dárseles cualquier armazón hubiera reducido el paso estorbando el servicio de la obra.

Esto es conforme con que el aparejo descrito sólo se emplee en las puertas de menos de dos metros de altura. En el resto de las puertas, de mayor altura, como la B, los arcos adintelados se construyeron con cimbra y el número de dovelas es

siempre superior a tres. En este caso, gracias a la altura disponible, el espacio ocupado por la cimbra no suponía un inconveniente.

En resumen, el aparejo de los arcos de las puertas pequeñas en Verona sólo resultaba ventajoso en el caso de que faltara espacio para instalar las cimbras auxiliares y, como ya he dicho, sólo he encontrado esta solución en el caso de puertas en las que la circulación hacía difícil e incómodo el empleo de apeos. Una de las puertas de la antigua muralla de Roma (hoy día cegada) presenta exactamente el mismo aparejo. En ambas ocasiones el proceso fue idéntico: se sentaron los salmeres en equilibrio sobre los machones, construyendo la fábrica por encima de sus entregas, para, finalmente, una vez asegurados, sentar la clave que completaba el dintel. Curiosamente, en este caso, como en Verona, los mismos métodos y precipitación llevaron a los mismos defectos de ejecución, los salmeres se sentaron demasiado separados y la clave, labrada previamente, quedó descolgada, disimulándolo en esta ocasión mediante un repaso posterior y eliminando el saliente inferior de la clave, pero el error se cometió.

Un rasgo interesante es el ángulo, muy abierto, que forman las juntas de la clave para evitar el deslizamiento. Otro método que lo impedía consistía en labrar las dovelas con un perfil quebrado. En el teatro de Orange encontramos muchos arcos adintelados con este tipo de aparejo.

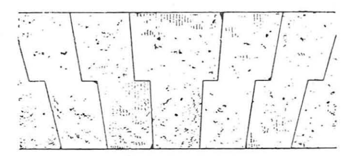


Figura 82. Arco adintelado de juntas quebradas (teatro de Orange)

Para impedir la rotura de los dinteles monolíticos de los arquitrabes, los frisos que están encima se aparejaban como arcos adintelados de descarga. Por ejemplo, el friso del templo de Júpiter Stator es un arco adintelado formado por dos salmeres sentados sobre las columnas y una clave entre ellos. El arquitecto, sabiamente, dejó un espacio libre entre la clave y el arquitrabe para impedir cualquier transmisión de presiones al dintel. Encontramos una disposición similar en el anfiteatro de Pola, donde siempre hay una separación entre los dinteles monolíticos y los arcos superiores de descarga.[4]

Las bóvedas usadas con mayor frecuencia tras las adinteladas, son las bóvedas en bajada y las esviadas. Una bóveda en bajada, por pequeña que sea su inclinación, tiene una construcción difícil y una estabilidad dudosa. El aparejo de los arcos de cabeza y el encuentro con los estribos suponen cortes complicados con las consiguientes pérdidas de piedra. Además, y éste es el inconveniente más grave, las hiladas de dovelas tienden a deslizar y separarse por su propio peso debido a las fuertes inclinaciones. Para evitarlo hay que interrumpir el cañón con descansillos o recurrir a complicados y costosos aparejos. Más vale renunciar a la continuidad de los cañones, sustituyendo la bóveda cilíndrica en bajada por una sucesión de arcos escalonados (ver láms. XVIII y XIX).

En esta solución no es difícil resolver el encuentro de la bóveda con las hiladas horizontales del muro, ni la intersección del cañón con el muro testero. Además, como el arco de cabeza es igual que los arcos restantes basta una única plantilla para toda la construcción. Lo que se consigue es en definitiva que su estabilidad sea idéntica a la de un cañón recto, independientemente de la inclinación.

Estas ventajas hubieran debido bastar para decidir a los romanos en favor de este sistema. Pero, ¿se usó en todas las épocas y lugares del imperio? Es dudoso. Las bóvedas de cantería que cubren las rampas del odeón de Atenas son cañones en bajada de intradós liso, y no es ésta la única excepción. Pero en Francia, y particularmente en los últimos tiempos del Imperio, el aparejo de arcos se utilizó con frecuencia. Hay un gran número de monumentos análogos al de la lámina XVII que forman una especie de «familia», cuyos restos han salido parcialmente a la luz gracias a las perseverantes investigaciones de nuestro amigo H. Sauvestre.

Está fuera de toda duda que estos monumentos son romanos; por su construcción en seco y, sobre todo, por la distribución de las plantas pueden datar, al menos, de la última época del Imperio. Las escaleras que conducen a estos singulares hipogeos están siempre abovedadas con arcos escalonados, que en general son de medio punto aunque, en ocasiones, presentan un perfil rebajado, escarzano. Una cosa a observar es que la arista saliente de los arcos está achaflanada casi siempre para aumentar y hacer más cómodo el paso de la escalera. Nada hay de caprichoso en este aparejo; su forma racional es a la vez elegante y variada.[5]

Este aparejo de arcos de las bóvedas en bajada podía ser, también, muy adecuado para las bóvedas esviadas. Ignoro si fue utilizado con este fin. Expondré a continuación las observaciones que he podido recoger sobre las bóvedas esviadas.

El aparejo helicoidal que en nuestros días se usa para esviajes muy pronunciados no parece existir en la arquitectura romana. Para ellos un cañón esviado no es más que un cañón recto cortado por muros testeros oblicuos (lám. XX), por lo que los lechos se definen por planos radiales que pasan por el eje del cañón, y las juntas por planos normales al citado eje. Su trasdós está, muy juiciosamente, dispuesto a montacaballo ya que si se trasdosa una bóveda de este tipo siguiendo una superficie curva concéntrica con el intradós, el tímpano que apoya sobre ella tenderá a deslizarse como si fuera sobre un plano inclinado, intentando sus dos mitades desplazarse en sentidos inversos, una avanzando y la otra retrocediendo. El trasdós escalonado elimina esos planos de deslizamiento ofreciendo una garantía de solidez que hizo que se adoptara casi sin excepción: arco dei Pantani, puertas esviadas de la antigua muralla de Roma, etc.

Las excepciones aparentes confirman en realidad el principio anterior. En la puerta esviada de Perugia (lám. XX) el trasdós es concéntrico al intradós. No obstante, reconociendo el peligro de deslizamiento eliminaron por completo la posibilidad de movimientos de los tímpanos intercalando entre éstos y la bóveda un arco intermedio de intradós esviado (que envolvía la bóveda) y trasdós recto, para recibir el peso de los muros y transmitirlo al arco que funcionaba como el arco de cabeza de un cañón ordinario. La solución adoptada pone de manifiesto la importancia que daban al riesgo de deslizamientos.

Nos quedan por tratar las bóvedas conoidales y elípticas, las cúpulas y las bóvedas de arista. Las bóvedas conoidales, sobre muros convergentes, presentan un aparejo muy sencillo. Parece natural, dado el aspecto de trompa, elegir un intradós cónico dirigiendo los lechos según las generatrices del cono. Los romanos adoptaron este aparejo cuando los muros eran muy divergentes. Pero, en los casos habituales, usaban el aparejo de la figura 83.

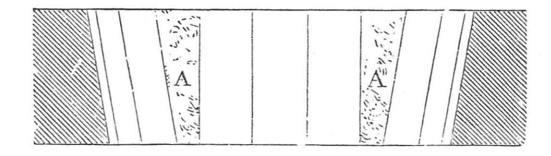


Figura 83. Aparejo de un bóveda cónica

Desde los arranques hasta una cierta hilada A, el aparejo es el de una bóveda de cañón; por encima de A el despiezo vuelve a ser de cañón. Por tanto, la hilada A establece el acuerdo entre dos regiones cilíndricas: la de los arranques y la de la clave. Uno de los testeros es de medio punto; el otro presenta un cambio de curvatura en la hilada A, pero esta discontinuidad es inapreciable.

Muchos arcos del anfiteatro de Arlés se construyeron con este aparejo. En ellos las hiladas A son contiguas a la clave. En ocasiones, es precisamente la dovela de la clave la que absorbe el efecto del esviaje; se volteaban las dos mitades de la bóveda sin preocuparse de la irregularidad de la planta y, al llegar a la coronación, se labraba la piedra de cierre en base a una plantilla hecha in situ (fig. 83 bis). Este artificio permitió a los romanos construir con igual facilidad los cañones cilíndricos y las arcadas de jambas convergentes que dan acceso a las galerías radiales de sus anfiteatros.

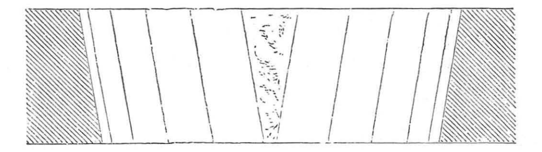


Figura 83 bis. Aparejo de bóveda cónica que absorbe el esviaje en la clave

Sobre el tema de las bóvedas esféricas sólo quiero hacer dos observaciones: la primera es que las cúpulas de cantería se encuentran casi exclusivamente en las regiones orientales del imperio (templo circular de Baalbek; cúpulas de sillería de Haurán, etc.); en segundo lugar, habría que señalar que muchas de estas cúpulas cubren salas cuadradas y que, en estos casos, la transición de la planta cuadrada a la forma circular de la bóveda no se consigue mediante pechinas sino mediante simples losas dispuestas formando chaflán en las esquinas.[6]

En cuanto a las bóvedas de cañón de perfil elíptico, sólo conozco un caso; se trata del arco principal del célebre viaducto construido por Augusto en la vía Flaminia en las inmediaciones de Narni (lám. XXI).[7] De esta bóveda colosal sólo quedan algunos vestigios y cabría preguntarse si, efectivamente, tenía la forma elíptica que he supuesto.

Los arranques de la bóveda subsisten y están situados claramente a distinto nivel; sólo un perfil elíptico o carpanel rampante podría acordar los machones de distinta altura. Por otro lado, un arco de elipse rampante se adecuaría mejor a la fuerte pendiente de la calzada que cruza el puente de Narni, pues deja más espacio libre con menor gasto de material. Sin embargo, cabría preguntarse si, desde el punto de vista del equilibrio, se trata también de la mejor solución. El arco se hundió, y sería útil saber si el colapso de debió a su forma inestable o a un vicio de construcción. En mi opinión no hay duda alguna: el hundimiento se debió a un fallo de la cimentación.

El puente estaba mal construido; la ausencia de tajamares produjo remolinos y turbulencias que empezaron a socavar las pilas aguas arriba. Éstas empezaron a desplomarse hacia la zona socavada sobre la que asentaban en falso. Las dos pilas que soportaban el gran arco experimentaron por esta causa desplomes y movimientos desiguales que produjeron el colapso de la bóveda.

Un perfil distinto no hubiera resistido mejor, y debemos ver en el arco rampante de Narni uno de los logros más notables de la arquitectura antigua. Nunca antes el problema de un viaducto de fuerte pendiente se abordó de manera tan directa ni tuvo una solución más original y afortunada.

Consideremos a continuación las bóvedas de arista de cantería. Los arquitectos romanos procuraban evitar este tipo de construcción, y sus esfuerzos están patentes en sus edificios. Unas veces, como ya hemos dicho, colocaban a distintos niveles los cañones de las galerías que se cruzan (fig. 38 más arriba); otras aprovechaban las ventajas del tipo adoptado en los corredores subterráneos de Arlés (pág. 116), o sustituían la bóveda de arista por un techo de losas superpuestas y voladas de forma muy ingeniosa (lám. XVII, 2 y 3); incluso llegaron a interrumpir bruscamente la construcción de cantería en el cruce, para resolver éste con una bóveda de hormigón, como ocurre en el caso del arco de Jano Cuadrifronte (lám. VII, 2).

La prevención romana hacia estas intersecciones se comprende fácilmente. Las dovelas de las aristas, comunes a ambos cañones, presentan casi siempre un ángulo agudo; por consiguiente, estas piedras de transición entre los dos cañones pueden romperse con facilidad, produciendo en los romanos un justo recelo. Por esta razón las bóvedas de arista de cantería tienen, en la arquitectura romana, un carácter excepcional. En Roma no puedo citar ningún ejemplo; en Grecia, sólo conozco dos en los corredores del odeón de Herodes Atico.

De entre todos los monumentos antiguos sólo en los hipogeos del norte de las Galias encontramos la bóveda de arista o el cañón con lunetos como un elemento normal de su estructura. El cruce de bóvedas de cañón de la lámina XVIII merece un comentario por su simplicidad. La penetración es parcial; el constructor, en lugar de acordar ambos cañones, que tienen luces distintas, se limitó a perforar la bóveda principal para dejar paso al cañón pequeño.

Consideremos ahora el aparejo de la bóveda de arista de la lámina XIX. En la figura 84 he aislado la clave.

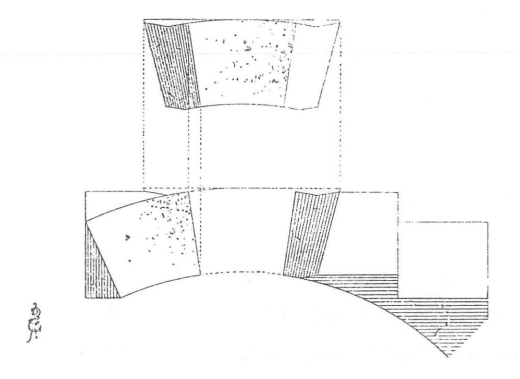


Figura 84. Clave de una bóveda de arista (Vivières)

Esta clave, labrada con economía y sin ángulos agudos, me parece preferible a la que se emplea hoy día; se reduce a una piedra octogonal, cuatro de cuyas caras planas apoyan en las últimas dovelas de las aristas. No nos extenderemos más sobre este tipo de construcción que, en el arte romano, tiene un carácter excepcional.

5

La carpintería de armar

La madera juega un papel muy importante en la construcción de la antigüedad; debemos pues echar un vistazo a los procedimientos de la carpintería de armar romana. Desgraciadamente las cuestiones que se relacionan con este tema son de gran dificultad, pues las ruinas sólo ofrecen raros indicios y los textos, demasiado incompletos o vagos, dejan en la oscuridad unos métodos que tendríamos el mayor interés en conocer.

El inventario de los documentos que han llegado hasta nosotros es corto: una enumeración de las piezas de una techumbre dada por Vitruvio; breves noticias sobre un corto número de armaduras célebres, tales como las del puente del Rin; un esbozo del puente del Danubio; una descripción de las armaduras de la basílica de Fano; y los detalles de una techumbre toscana y de un cobertizo en Pozzuoli. Sobre esta base no se puede establecer una teoría. Nos limitaremos, pues, a interpretar a título de ejemplo aquellas descripciones de armaduras cuya traducción gráfica precisa el menor número de conjeturas.

El cobertizo de Pozzuoli es, entre los ejemplos citados, aquel cuya organización conocemos mejor, ya que el programa de su construcción se ha conservado en una inscripción en mármol, la Lex Puteoleana.[1] En la figura 85 se ha restituido el aspecto de esta modesta construcción en base al texto de la inscripción.

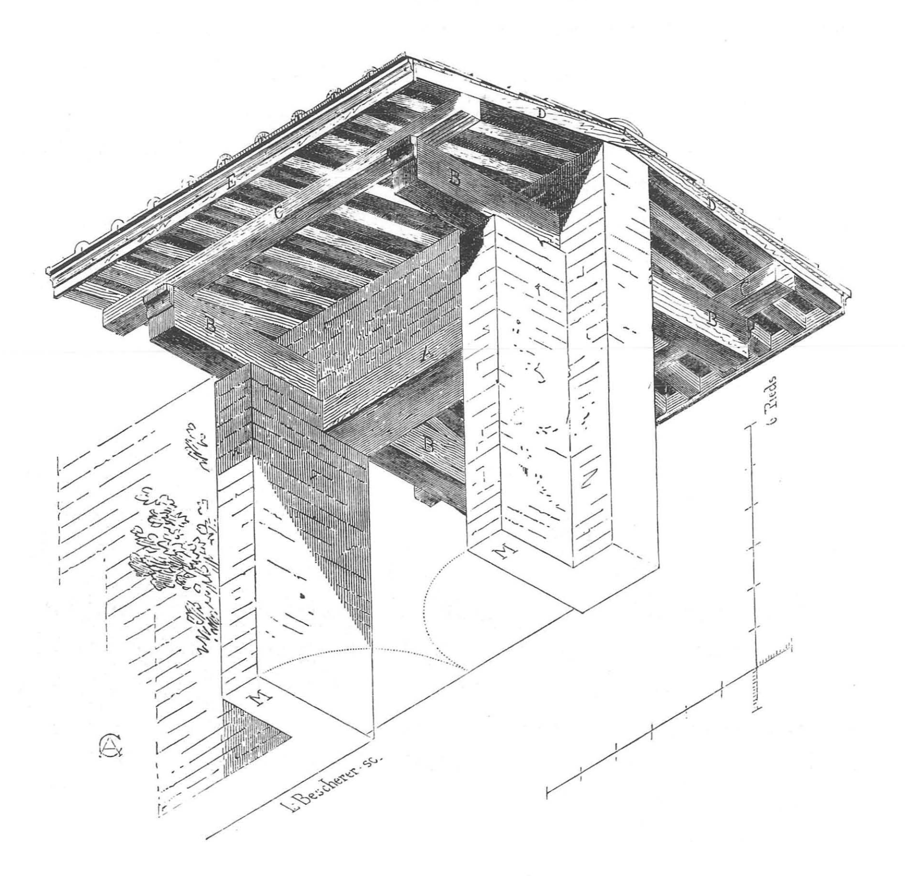


Figura 85. Cobertizo de Pozzuoli

El cobertizo protege una puerta aislada, expuesta por tanto en ambas caras. A cada lado hay una vertiente y toda la armadura se apoya en voladizo sobre las cabezas de dos vigas B. No hay ensambladuras, salvo quizá una unión a media madera que une las cabezas de los parecillos de ambas vertientes. Nada más lógico o incluso más primitivo que esta organización cuya sencillez no está desprovista ni de originalidad ni de elegancia. En efecto, a pesar de las reducidas dimensiones esta armadura presenta un aspecto monumental que concuerda bien con las formas graves y un poco arcaicas del arte de los últimos años de la República romana.

Características semejantes se muestran más acusadas todavía en la techumbre de un templo que Vitruvio denomina templo toscano.[2] Sobre las columnas apoya un dintel formado por dos vigas gemelas; se trata del arquitrabe. Estas vigas aunque son solidarias entre sí están separadas por un intervalo que permite que el aire circule a su alrededor. El frontón del templo, que a veces se construía en madera para darle mayor ligereza, no está a plomo con las columnas, sino que apoya en las cabezas de cuatro vigas en ménsula que vuelan un cuarto de la altura de las columnas. La regla que da Vitruvio para determinar este vuelo es muy clara: «(Mutuli) quarta parte altitudinis columnae promineant.»

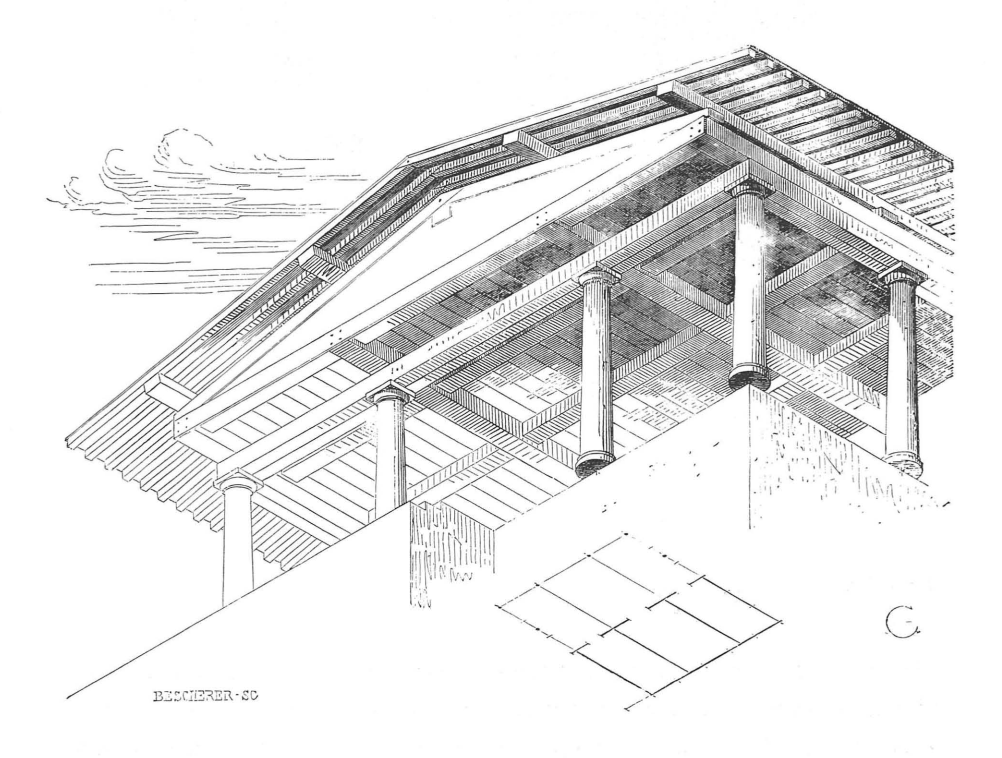


Figura 86. Techumbre de un templo toscano, según Vitruvio

Este frontón volado da un aspecto al templo que difiere del que habitualmente le atribuimos y que parece no concordar con los principios que hemos recibido de la arquitectura antigua. De hecho, los primeros editores de Vitruvio encontraban

desagradables esas vigas salientes e intentaron otra interpretación permutando las dos primeras letras de la palabra «Altitudinis». La frase queda entonces: «Mutuli quarta parte LAtitudinis columnae promineant.» De esta manera trataban de conciliar la tradición antigua con los usos actuales de la arquitectura, pero esta corrección era doblemente errónea. En primer lugar, es contraria al texto de los manuscritos y, además, está en desacuerdo con la forma de expresión habitual deVitruvio. Vitruvio habla en veinte lugares de su tratado sobre el diámetro de las columnas y nunca lo denomina «latitudo»; la única expresión que utiliza es «crassitudo columnae». Además, nuestra interpretación coincide con la de los arquitectos del Renacimiento cuyo gusto al parecer no se sentía herido por este insólito vuelo. Para convencerse de esta afirmación nos remitimos al dibujo del orden toscano y a la descripción que le acompaña, en la edición original de Palladio.[3]

También han llegado hasta nosotros copias esculpidas en piedra de las armaduras antiguas. En las tumbas de la Licia encontramos con frecuencia reproducciones de construcciones en madera realizadas por un pueblo que, como es bien sabido, guarda parentesco con Etruria. En todas estas reproducciones esculpidas de templos de madera encontramos siempre frontones volados. La obra de Texier sobre los monumentos antiguos de Asia Menor nos ofrece en cada página pruebas que apoyan esta afirmación; nos limitaremos a citar como ejemplos más notables las tumbas de Telmisos y de Antifelos.[4] En Antifelos, el vuelo del frontón, según las cotas de Texier, es de 0,95 m para una altura protegida de sólo 2,077 m. Esta relación constituye, en mi opinión, el mejor comentario al texto de Vitruvio.

Admitamos, pues, la existencia de estos frontones volados. Además, su función es demasiado evidente como para descartarlos. Gracias a su vuelo, que se corresponde con el de los aleros laterales, la lluvia no puede azotar el basamento del edificio y, en tiempo soleado, todo el frontón da sombra. Así, aleros y frontones volados forman una especie de galería cubierta que rodea el templo y funcionan como un pórtico exterior pero sin los inconvenientes y el gasto de estas construcciones. En resumen, la organización de la techumbre del templo toscano es igualmente ventajosa tanto desde el punto de vista del uso como desde el punto de vista de la conservación del monumento.

Este tipo de construcción, empleado en la época de Vitruvio, se remonta, como su propio nombre indica, a modelos de la antigua Etruria. Sin duda, no es la única

disposición constructiva que los romanos han tomado de la carpintería etrusca. En la carpintería de armar las tradiciones tienen una gran persistencia y el estudio de los métodos de la carpintería etrusca arrojaría sin duda luz sobre este asunto. En los monumentos de Etruria se encuentran con gran frecuencia reproducciones en piedra de techumbres de madera. De hecho, si quisiéramos citar la serie completa deberíamos pasar revista a todas las construcciones subterráneas de este pueblo singular. He elegido, por tanto, solamente dos ejemplos que me parecen notables por su sabia organización y por la claridad de su interpretación. En la figura 87 he dibujado uno de ellos; se trata del techo encasetonado de una de las tumbas talladas en tufa en la necrópolis de Chiusi.

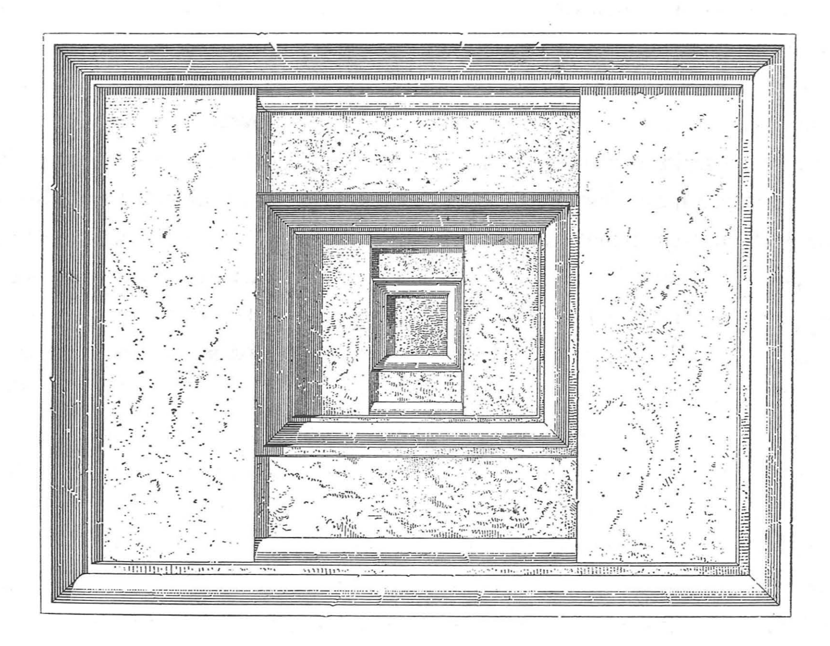


Figura 87. Techo de una tumba etrusca tallado en tufa (necrópolis de Chiusi)

En este techo encontramos una imitación fiel de una obra de carpintería, con unas proporciones apenas alteradas por el cambio de material. Si copiamos línea por línea sus formas, eliminando los cuartos boceles y los filetes que juegan el pa-

pel de molduras añadidas, veremos cómo todo el sistema se reduce a un conjunto de vigas o tablones que apoyan alternativamente en retranqueo las unas sobre las otras. La disposición es análoga a la de los troncos de árbol que, según Vitruvio,[5] formaban los edificios de la Cólquida, o a la de las techumbres de troncos de abeto dispuestos horizontalmente que se construyen en algunas regiones boscosas de los Alpes. Las piezas se ajustan siempre a media madera, pero la ensambladura no debilita las vigas ya que la entalladura nunca se realiza hacia la mitad de la luz, sino cerca de los apoyos.

En otra sala de la misma tumba encontramos otra armadura simulada en piedra, cuyas formas se parecen más a las de las techumbres modernas. Es del mismo tipo que la anterior pero su forma es todavía más perfecta. En la figura 88 he reproducido el aspecto general de esta sala.

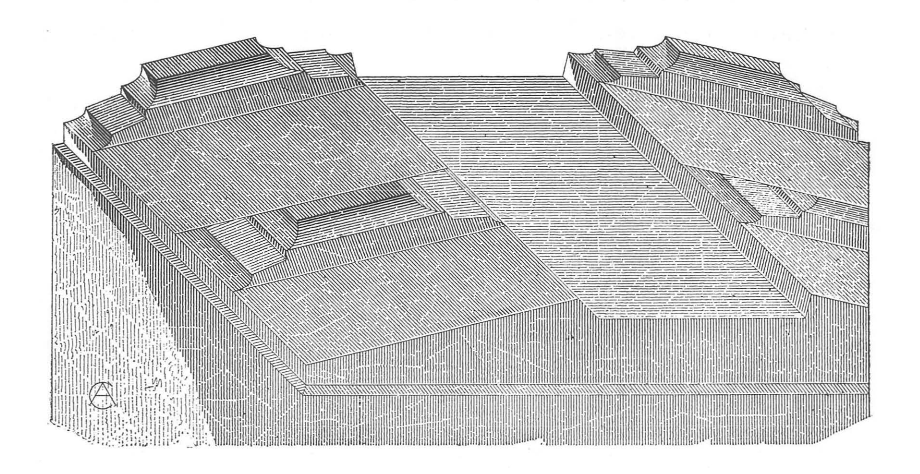


Figura 88. Techo de una tumba etrusca tallado en tufa (necrópolis de Chiusi)

Los casetones de este techo son muy parecidos a los de la figura anterior —la misma atención al situar las entalladuras cerca de los apoyos, la misma organización general y la misma decoración—, y recuerdan a construcciones de madera. Las molduras estarían clavadas a lo largo de los ángulos entrantes siguiendo una tradición que se mantuvo en la época romana y que por una curiosa coincidencia

aparece explícitamente mencionada en la ya citada inscripción de mármol de la Lex Puteoleana. En ella se establece que las tablas del alero y las cabezas de las vigas se decoren con molduras: «Que sobre las tablas del alero el contratista aporte y clave un cimacio»; y en otra parte: «Que en los extremos de las vigas el contratista fije con hierro golas pintadas.» Las prescripciones del contrato de Pozzuoli del siglo I a. C. coinciden, pues, con la práctica de los carpinteros etruscos coetáneos de las tumbas de Chiusi.

Nótese la disposición de los parecillos en la última figura; están muy cerca los unos de los otros, y las piezas intermedias reducen el vano suficientemente como para poder cubrirlo por teja vana o, más bien, siguiendo una tradición todavía vigente en la misma región, por un embaldosado o tabicado de ladrillo que se situaría entre el maderamen de la armadura y las tejas de la cubierta. La cara interior de este tabicado formaría el fondo de los casetones y quedaría visto, para después ser decorado con esmaltes o pinturas. Finalmente, los maderos se pintarían de vivos colores sabiamente armonizados que darían a la composición una elegante riqueza.[6]

Vitruvio nos suministra un último ejemplo de armadura etrusca. Se trata de la techumbre que cubre la especie de claustro que rodeaba el atrio de las casas romanas:

«En el cavaedium toscano —dice— unas piezas horizontales AB y CD, apoyadas en los dos muros del patio, soportan dos vigas transversales (EF y GH), unos pares de arista que van del ángulo del patio al ángulo de las vigas maestras y unos pares inclinados hacia un estanque central.»[7] Esta descripción nos conduce a restituir la carpintería del siguiente modo:[8]

La solución sólo es aplicable evidentemente, a un patio de dimensión media, pero en ese caso permitía cubrir el perímetro sin afectar al interior mediante la aparición de soportes aislados.

Si vemos, ahora, desde este punto de vista las carpinterías etruscas y romanas representadas en las cinco figuras precedentes (figuras 85 a 89), resulta evidente que todas ellas presentan una fisonomía común, un cierto aire de familia. Los anchos aleros que proyectan su sombra sobre los muros del atrio se corresponden con los aleros del templo etrusco que vuelan una distancia igual al tercio de la altura de las columnas, y con el cobertizo de Pozzuoli que vuela la mitad de la altura de la puerta que cubre. Por otro lado, siempre se observa el mismo cuidado en la

conservación de la armadura, bien sea espaciando las piezas pareadas o situando las ensambladuras en los extremos de las piezas. Se trata, sin duda, de un conjunto de detalles dispersos, insuficientes para realizar una reconstrucción de la carpintería romana, pero que nos muestran su carácter y sus tendencias.

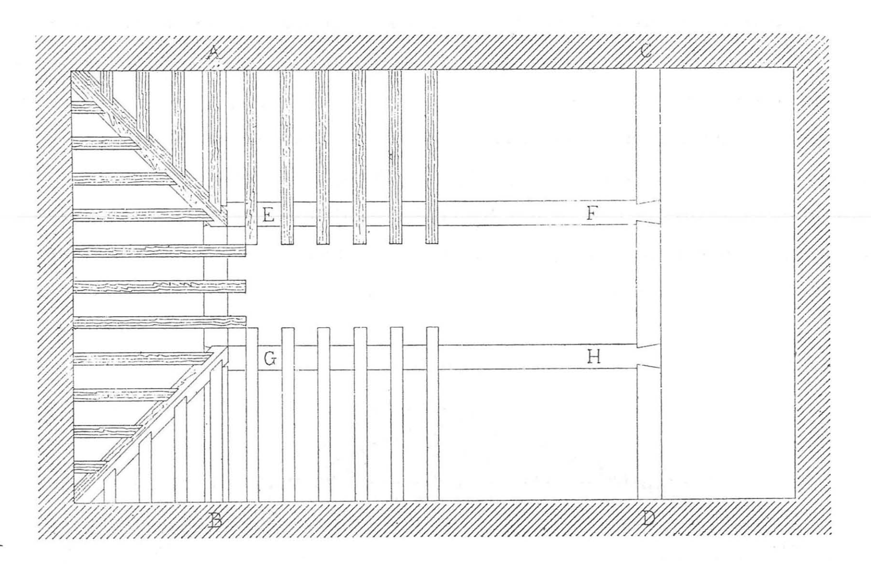


Figura 89. Restitución de la techumbre de un atrio romano

El gran vuelo de los aleros era apropiado bajo un cielo ardiente y su pequeña inclinación parecía buena para países donde las nieves escasean. No obstante, los romanos cometieron el error de aplicar estas disposiciones en las regiones del Norte, para las que no estaban pensadas. Fue una de las pocas veces que extendieron sus métodos sin atender a las particularidades del clima. Así, cubrieron las salas (sin bóveda) de las termas de París como si se tratase de un templo o una basílica de Nápoles,[9] y este enojoso ejemplo perduró en la arquitectura de las provincias septentrionales mucho tiempo después de la caída del Imperio Romano. De hecho, su influencia duró hasta la mitad del siglo XII y nuestra arquitectura se resiente todavía en nuestros días.

Pero volvamos ahora a la construcción romana. Hasta el momento sólo se ha estudiado la estructura de las armaduras romanas en base a los monumentos originales y a los textos.[10] Quizá el estudio de la tradición medieval puede revelarnos al-

gunas de sus particularidades. En efecto, las armaduras de los edificios italianos modernos no se diferencian apenas de las de principio de la Edad Media y todas ellas se parecen a las de las basílicas cristianas. Éstas, a su vez, se construyeron en un época en la que los principios de la arquitectura no eran sino un recuerdo, más o menos distorsionado, del arte romano, copias cuyos originales se han perdido.

Existe, pues, una tradición ininterrumpida que enlaza la antigüedad romana con los tipos comunes de la carpintería italiana. Estudiar en detalle este parentesco y sus analogías, conduciría a repetir argumentos que ya han sido expuestos en obras excelentes.[11] Por consiguiente, sólo citaremos aquí un ejemplo, el de la armadura de la antigua basílica del Vaticano. En la figura 90 se ha dibujado esta armadura en base a las indicaciones, bastante imprecisas, de Carlo Fontana.

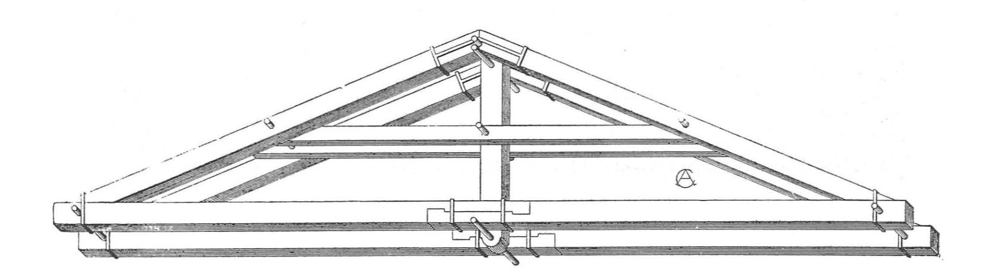


Figura 90. Armadura de la antigua basílica del Vaticano, según Fontana

El hecho más destacado que muestra este dibujo es el agrupamiento de los cuchillos dos a dos, con un pendolón intermedio. Se observa, además, que las piezas inclinadas se han evitado intencionadamente; no hay tornapuntas, ni tampoco una hilera sobre la que apoyar las riostras. Un simple nudillo que acomete a los pares en su punto medio limita su flexión, y la estabilidad que presentan las cerchas gemelas permite prescindir de las riostras para asegurar la verticalidad de los cuchillos. En cuanto a las ensambladuras, en ningún punto debilitan los maderos: una brida de hierro une pares y tirantes y el pendolón no corta ni a los tirantes ni a los nudillos con que se cruza. El constructor prefirió recurrir a bridas metálicas, en lugar de articular las piezas mediante ensambladuras complejas en las que la madera

no ventila y se calienta. Al yuxtaponer las piezas se evita este peligro y la misma simplicidad de la construcción, es la mejor garantía para su duración.

Una última cuestión relativa a esta armadura sería saber si era vista o estaba disimulada bajo un falso techo. La respuesta no está clara. San Pablo Extramuros, edificio de la misma época que la basílica del Vaticano, tenía —lo sabemos por Eusebio— un techo encasetonado; otros monumentos más antiguos, como la basílica de Fano, presentaban un techo convexo o por lo menos quebrado que dejaba vistos los tirantes y la parte inferior de la carpintería. Quizá en el Vaticano se aplicó alguna de estas soluciones pero, al menos al final de la Edad Media, no quedaba ningún rastro del falso techo. No sabemos si su presencia hubiera contribuido a la belleza del edificio. En cualquier caso, lo que confiere a las armaduras vistas un aspecto extraño e incorrecto es la complicación que introducen los elementos oblicuos (riostras, tornapuntas, etc.). Nada de eso aparece aquí; la armadura, reducida a sus elementos primordiales, ofrece en su forma global una simplicidad enorme y una regularidad perfecta. La horizontalidad de nudillos y tirantes se dibuja nítidamente sin confusión ni desorden; evidentemente inspirada en modelos antiguos, representa dignamente el estilo severo que la arquitectura romana supo mantener hasta el último momento de su decadencia.

La carpintería romana, tal y como las imitaciones medievales nos permiten imaginarla, caracteriza dos épocas de la arquitectura romana: la de sus comienzos y la de su declive. El período intermedio se caracteriza sobre todo por la construcción abovedada. No obstante, las bóvedas no reemplazaron a las armaduras de madera cuando la forma de los monumentos se encontraba determinada por las antiguas costumbres y esto muestra el poder de la tradición en Roma. Sólo en los edificios construidos para nuevos usos se emplearon por primera vez las bóvedas de hormigón, por ejemplo, en las termas públicas, desconocidas en la antigua República, que empezaron a construirse en la época de Agripa.

Los templos, sin embargo, se siguieron construyendo al modo antiguo. A veces se sustituía el falso techo convexo de la cella[12] por una bóveda, pero en el exterior se siguieron usando los pórticos sobre columnas con techumbre de madera. Las basílicas, a las que los romanos no atribuían carácter sagrado, conservaron también su aspecto primitivo y siguieron cubriéndose con armaduras de madera. En este aspecto, la tradición se mantuvo con tal constancia que puede considerarse la basílica de Majencio como una excepción aislada en la construcción de basílicas

que se inicia en el 180 a. C., prolongándose hacia el final del Imperio con los monumentos de la arquitectura paleocristiana.

No obstante, aunque los romanos mantuvieron la tipología de las antiguas armaduras etruscas, quisieron enseguida sustituir la madera por un material menos alterable. Así, en los países donde la madera escaseaba, sustituyeron las cerchas por arcos de ladrillo;[13] otras veces emplearon el bronce, metal fácil de trabajar y cuyas uniones son muy sencillas de realizar. Primero emplearon el bronce en los elementos principales, pero poco a poco fueron suprimiendo la madera para componer el resto de los elementos de los cuchillos con piezas metálicas, llegando incluso a ejecutar en bronce el recubrimiento. Los griegos ya habían realizado algunos intentos en este sentido; en Pausanias[14] podemos leer la descripción de un edificio circular en el que los pares de la cubierta convergían como los radios de una rueda apoyando en una pieza central hecha en bronce. Se encuentra también en su viaje por Grecia la mención a un edificio de bronce, cuyo nombre recuerda el material con el que se construyó el templo de Minerva Calcidica. Pero éstos son ejemplos de importancia menor. Es en Roma donde la idea se populariza y se extiende: se construye entonces la cubierta de la basílica Ulpia, completamente en bronce; una gran sala de las termas de Caracalla presenta toda su carpintería ejecutada en este mismo metal y en el siglo primero antes de nuestra era, los romanos utilizan sólo el bronce para construir la armadura del pórtico que está delante de la rotonda de Agripa.

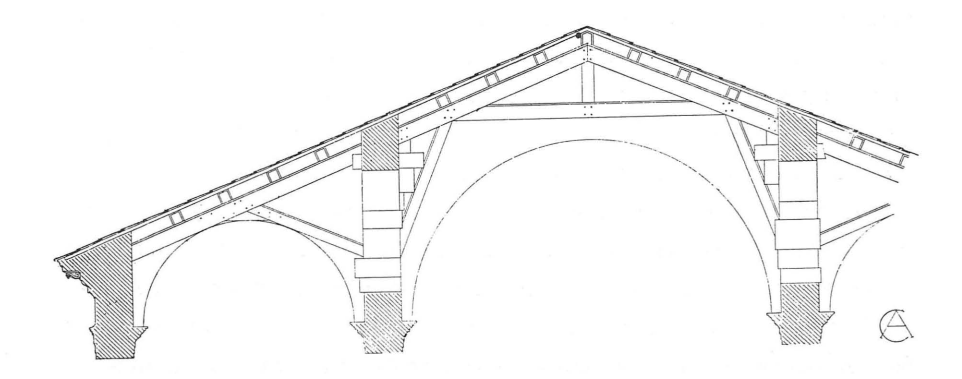


Figura 91. Armadura del pórtico del Panteón según Palladio

Esta célebre armadura subsistió hasta mediados del siglo XVII y los arquitectos del Renacimiento pudieron observarla y describirla. Nos han dejado algunos dibujos pero, por una negligencia irreparable, éstos son tan imprecisos e incompletos que no puede distinguirse más que la forma general de la obra y su disposición de conjunto. La figura 91 resume las indicaciones transmitidas por Palladio; es una reproducción de su dibujo, corregida después de un estudio cuidadoso de las huellas que la carpintería ha dejado sobre el monumento.

Estos indicios son de distinta clase: las ménsulas que soportaban la armadura de la nave central tienen sus aristas inferiores biseladas para recibir a los jabalcones, e informan así de la inclinación de estas piezas; los mechinales donde se apoyaban los extremos de las correas nos revelan su número y, finalmente, las marcas en el muro del fondo del pórtico nos permiten conocer exactamente la curvatura de los camones de bronce utilizados como decoración y el espacio interior limitado por las armaduras laterales. Gracias a esta información, ha resultado posible restituir la estructura de la armadura.

Es inútil buscar más detalles en Palladio; para explicar las ensambladuras sólo trazó una sección a escala pequeña, un simple boceto que precisa información complementaria. Resultan también muy incompletos un croquis de Serlio y las noticias dispersas en los escritos del siglo XVII. «Cada viga —dice una de estas noticias— se compone de tres chapas gruesas de bronce, ensambladas con clavos del mismo metal»,[15] y de acuerdo con esta indicación, Serlio dibuja el pórtico del Panteón con sus vigas en forma de *u*.

En efecto, en nuestra opinión, la única manera de conciliar la información disponible es admitir que las tres chapas de bronce de las que se compone cada viga forman las tres caras de una *u*. El dibujo de Serlio y un texto de Donati nos muestran que estos perfiles estaban invertidos: las caras verticales formaban la parte resistente y la lámina de bronce que los unía y que formaba el fondo, servía principalmente para evitar la flexión lateral.

En lo restante, el arquitecto pareció dejarse llevar más por las reminiscencias de las construcciones en madera que por principios específicos en el uso del metal y la cercha del Panteón no es más que una armadura común, ejecutada con vigas huecas. Se trata de la primera aplicación de un perfil metálico a una armadura. ¿Es también la mejor aplicación? Seguramente no, la industria moderna proporciona el acero laminado en una gama de perfiles casi infinita, que nos permite disponer

el material en forma más ventajosa; sería un error imitar este ejemplo excesivamente primitivo.

No nos detengamos más en los sistemas que un monumento aislado deja apenas entrever. Queda por hablar de dos tipos de construcciones completamente distintas, como son los puentes y las torres de asalto. Sobre éstas últimas, que los romanos levantaban en las inmediaciones de las ciudades sitiadas, el arquitecto Apolodoro nos ha dejado una serie de principios. Con seguridad, varios de ellos se aplican también a todas las armaduras romanas de construcción rápida. «Estas construcciones —dice Apolodoro— deben realizarse con maderos fáciles de encontrar en los bosques, de formas variadas, ligeros y de pequeña dimensión, realizables por obreros encontrados al azar. Deben ser de ejecución rápida y reparación simple, al abrigo de las sorpresas, cómodas de transportar, estables, poco combustibles, difíciles de romper y fáciles de desmontar.»[16]

Éstas son las condiciones a cumplir, y un ejemplo tomado del Tratado de ataque a las plazas del propio Apolodoro servirá para ilustrar estos requisitos.[17] En la figura 92, se ha dibujado en base a su descripción el aspecto probable de una torre de asalto.

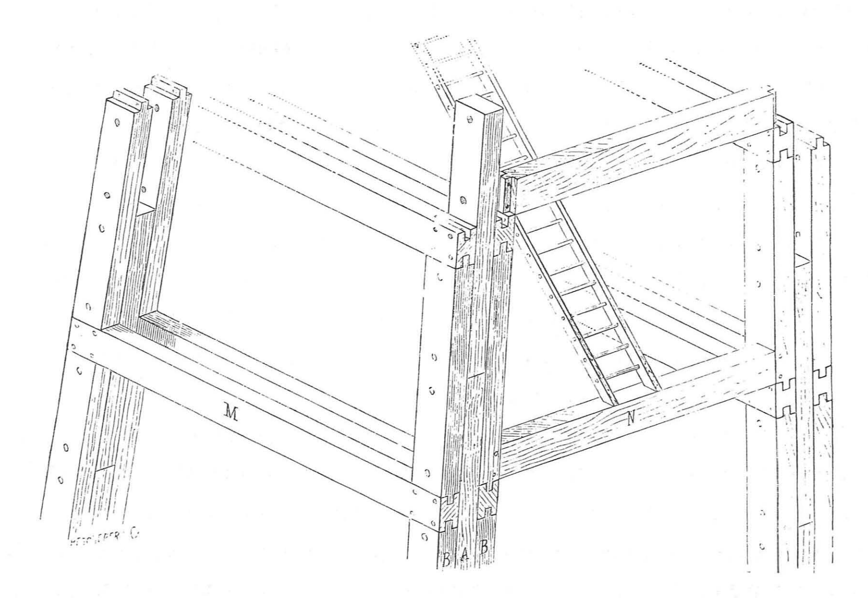


Figura 92. Torre de asalto, según Apolodoro

El modo de construcción empleado se ve claramente en la figura, como también se aprecian las ventajas de su empleo. Se trataba de evitar las grandes escuadrías de madera, muy escasa en ciertos países, y cuyo manejo es siempre difícil. Había que emplear sólo maderos de pequeña escuadría, y a este fin se dirige todo el ingenioso sistema de ensambladuras y prolongaciones de los ángulos.

El armazón no se encuentra arriostrado y resulta curioso que casi ningún texto prescribe para las máquinas de asalto piezas de arriostramiento. Quizá se suprimían las riostras para dar mayor elasticidad a estas construcciones sometidas al choque de proyectiles pesados, pero pensamos más bien que la ausencia de elementos inclinados es una característica común a toda la carpintería romana. Ya se ha visto (pág. 134) cómo en Italia éstas apenas se usaban en una época en la que la carpintería procedía directamente de la tradición romana. Además, sería difícil encontrar ejemplos, sea entre las pinturas de Pompeya, o bien en las miniaturas que decoran los célebres manuscritos vaticanos de Terencio y de Virgilio.

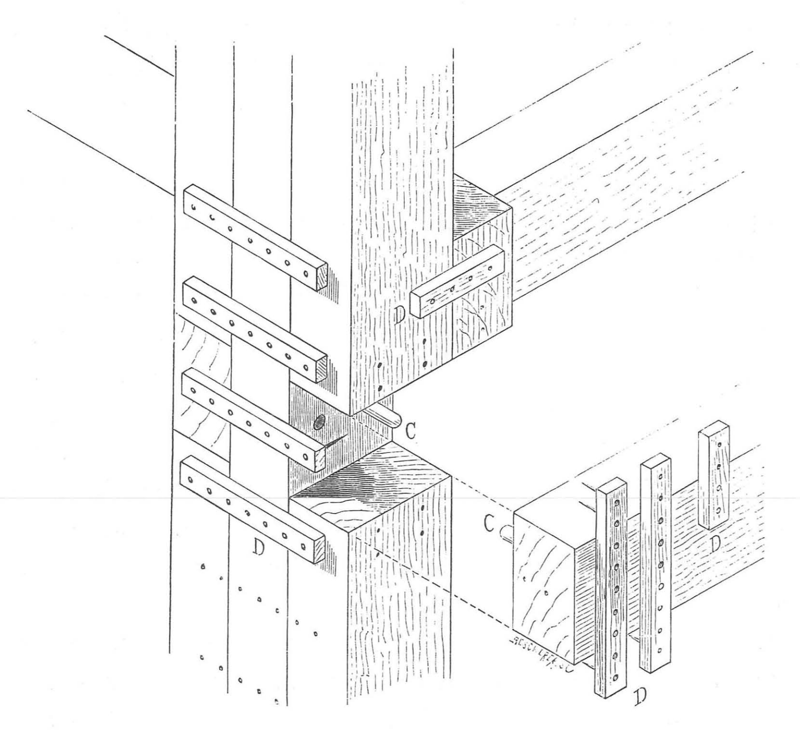


Figura 93. Ensambladuras de una torre de asalto, según Apolodoro

Hay que decir, sin embargo, por lo que afecta a las ensambladuras, que éstas presentan una gran rigidez. Para hacer el dibujo más legible, se han representado las juntas con herrajes, tal y como se ejecutarían hoy día. No obstante, los romanos, y más tarde los constructores medievales, sólo admitían el hierro en sus armaduras como algo excepcional. Las ensambladuras que se deducen del texto de Apolodoro y de un comentario bizantino[18] se han dibujado en la figura 93.

En este sistema, las espigas de madera de forma cilíndrica, C, unen los maderos exteriores, que funcionan como cepos, a las piezas interiores que éstos abrazan. Esto impide el deslizamiento pero no su separación. Para evitar esto último se emplean unas presillas de madera. Si las espigas no eran más que clavijas gruesas y las cajas, agujeros de taladro, las presillas son simples tacos de madera o trozos de listón. No se puede imaginar una combinación tan simple y a la vez tan práctica.

La tradición, que casi siempre consagra las ideas sencillas, ha conservado en parte esta forma de ensambladura y hoy, en Roma, los pies derechos de los andamios se componen de pequeños maderos unidos entre sí con presillas clavadas. La figura 94, dibujada a partir de uno de estos ejemplos modernos, ayudará por analogía a imaginar la estructura de los pies derechos de las construcciones militares romanas.

En estos andamiajes modernos, los maderos escuadrados se reemplazan con frecuencia por rollizos y las presillas por simples ligaduras con cuerdas. Este modo elemental de unión era también muy utilizado por los romanos. Al menos, esto es lo que se deduce de un texto de Vitruvio, en el que describe la construcción de bóvedas encamonadas a base de tirantillas atadas y suspendidas del entramado por ligaduras de madera flexible. El mismo sistema vuelve a aparecer cuando Vitruvio explica la ejecución de cajones para hormigonar en el mar.[19]

Pasemos ahora a hablar brevemente sobre los puentes de madera. En realidad, sólo se conocen dos ejemplos de puentes romanos de madera: el puente del Danubio, construido por Trajano en su expedición contra los dacios, y el puente del Rin, construido por César para facilitar las incursiones de los ejércitos romanos en Germania.

El puente del Rin ha sido dibujado muchas veces, partiendo de la descripción de César. Intentar una nueva restitución sería añadir una nueva hipótesis a las ya presentadas en vano por ilustres arquitectos. En efecto, Alberti, Palladio y Scamozzi intentaron interpretar el texto de César, pero sus ensayos sólo han servido para

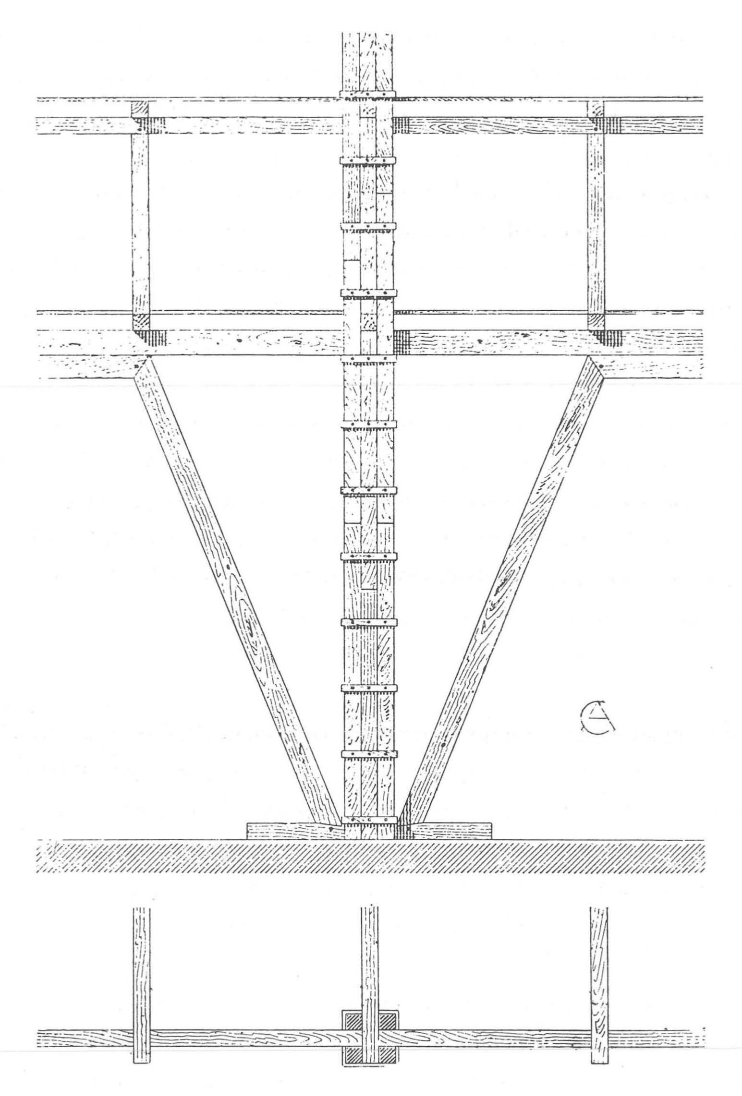


Figura 94. Apoyo de un andamio de madera del s. XIX, Roma

poner en evidencia la dificultad de la tarea. Todos coinciden en apoyar el tablero sobre vigas abrazadas en sus extremos por las cabezas de dos pies derechos. Pero las coincidencias acaban ahí. En cuanto se llega al detalle de las piezas accesorias que unían la carpintería, o cuando se trata de interpretar esta armadura que, según

la expresión de César, «se comprimía bajo la acción de la corriente», hay tantas opiniones como traductores. No vamos a citarlas aquí, pues ninguna resulta suficientemente satisfactoria, aunque siempre parece más sencillo detectar los defectos que rectificar los errores.

En el caso del puente del Danubio las dificultades son de otro tipo. Se trata aquí de interpretar un alzado bastante convencional,[20] casi tan impreciso como las representaciones de monumentos que se ven en los paisajes de los frescos de Pompeya, pero que sin embargo desvela algunas características de los puentes romanos. La figura 95 resume la estructura principal que he creído leer en el bajorrelieve de la columna Trajana.

En cada cuchillo la parte resistente está formada por tres arcos concéntricos, unidos entre sí mediante cepos inclinados que se prolongan hasta el nivel del tablero. Las cabezas de estos cepos abrazan unos largueros sobre los que apoya la plataforma. Sobre las pilas, el tablero descansa en unos caballetes. Ésta es, en esencia, la estructura del puente. El autor del bajorrelieve ignora el resto de piezas accesorias, de arriostramiento, etc.

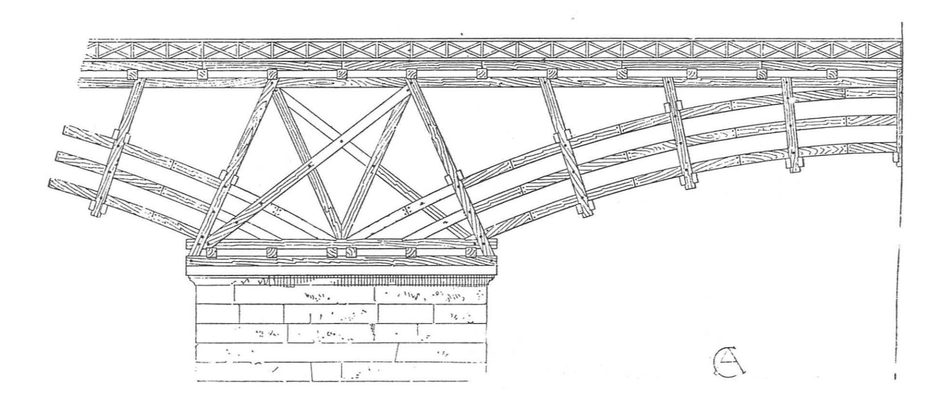


Figura 95. Detalle de la estructura del puente del Danubio. Las piezas rayadas son las que aparecen en el bajorrelieve; las piezas a línea son añadido del autor

Esta omisión parece natural en una representación sólo destinada a precisar el emplazamiento de una escena, pero es una lástima que abra un campo tan grande a lo hipotético. En el bajorrelieve los arcos no llegan hasta la pila y apoyan en falso;

por otro lado, las diagonales del caballete se comprenden con dificultad. En el dibujo he prolongado los arcos hasta las pilas y las diagonales hasta el tablero. Éstos son los cambios mínimos que cabe realizar para hacer viable la traza de la columna Trajana; en todo lo demás, nos hemos remitido al modelo.

¿Cómo era la estructura de los arcos? El bajorrelieve deja sin resolver esta interesante pregunta. Parece claro, no obstante, que estas grandes piezas eran vigas armadas compuestas por pequeños maderos unidos entre sí; podría pensarse incluso que su estructura es la misma que la de los pies derechos de los ángulos de las torres de asalto que vimos anteriormente. En efecto, es Apolodoro quien los describe y es precisamente a Apolodoro a quien se atribuye la autoría del puente de Trajano.[21] Pero aquí las fuentes fidedignas empiezan a fallar e ir más allá conduciría a hipótesis arriesgadas.

Este corto número de ejemplos, tomados en parte de construcciones temporales, nos permitirá por analogía comprender las carpinterías auxiliares, andamiajes o cimbras, cuya economía preocupó siempre tanto a los constructores romanos. La economía de materiales la obtenían gracias a las ingeniosas combinaciones de soportes o arcos de piezas ensambladas, y la de mano de obra, realizando todas las ensambladuras mediante espigas y cepos, presillas o atados con cuerda.

En cualquier caso, la carpintería —auxiliar o permanente— estuvo siempre influida, como cualquier otra parte de la arquitectura práctica, por los recursos y tradiciones locales.[22] En el Egipto romano, al igual que en el Egipto faraónico, se usaba como madera de construcción, largos listones entrelazados o atados por juncos.[23] En África, en tiempos de Salustio, existía un tipo de armaduras singulares, que recordaban un barco vuelto del revés, y que estaban pensadas para mitigar en el interior el efecto de los vientos del desierto.[24] En la Cólquida y, sin duda, en Arcadia, la carpintería se basaba en el empleo de rollizos o troncos redondos, al igual que en los de los chalets de los Alpes.[25]

En Licia, los edificios de madera mostraban grandes vertientes interrumpidas a intervalos por grandes vigas horizontales y cubiertas por tableros de rollizos yuxtapuestos, un modo de construir a medio camino entre la construcción corriente y la de muros de troncos de la Cólquida.[26]

En Oriente, en los límites mismos o incluso más allá de las fronteras del Imperio, domina el uso de soportes en horquilla que es el origen de la tipología de columnas bifurcadas tan frecuentes en las ruinas de Persépolis.

También existían, en medio de los bosques que entonces cubrían las Galias, en el país de los marcomanos, o en el de los dacios, acumulaciones masivas de troncos apilados en hiladas, mezcladas eventualmente con piedra natural o labrada, formando empalizadas, pilas de puentes o muros de ribera. Toda esta serie de curiosas combinaciones, cuyo carácter se desvela a través de los Comentarios de Julio César y los bajorrelieves de las columnas Trajana y Antonina, representan una tradición que se ha mantenido en Suiza hasta el día de hoy.

Me he limitado simplemente a señalar la variedad de formas y aplicaciones, así como la doble influencia de las costumbres locales y de los recursos naturales que las justifican ante nosotros y que para los antiguos resultaban inevitables.

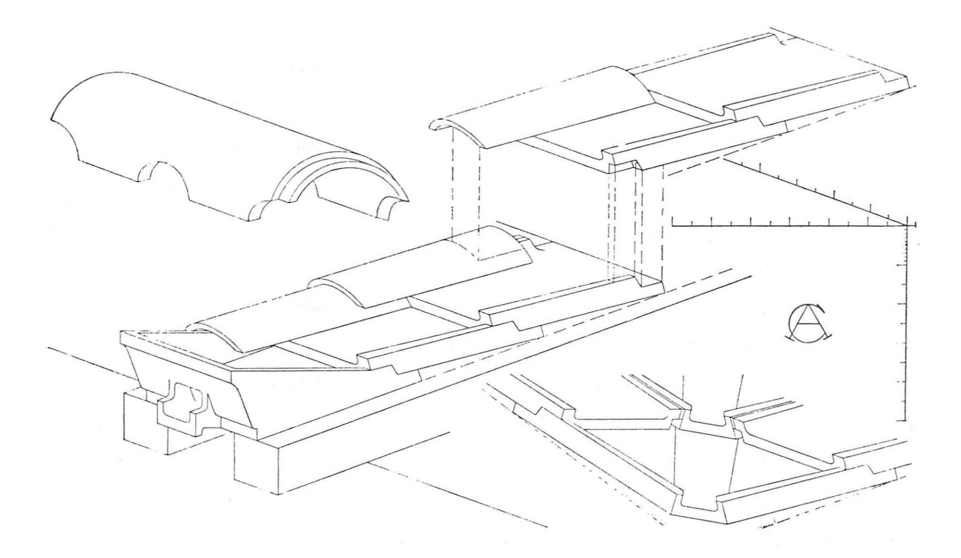


Figura 96. Restitución de un tipo de cubierta frecuentemente utilizado en la antigüedad romana

6

Observaciones sobre la organización de obras en Roma

Terminaremos en este capítulo el examen de los métodos y procedimientos de la construcción romana que, sucesivamente, hemos estudiado en los monumentos de hormigón, en las construcciones de cantería y, en la medida de lo posible, en las obras de carpintería, aislando e individualizando cada una de las partes que componen un edificio antiguo. Es ahora el momento de ver la interacción en su conjunto de los distintos materiales y elementos, de exponer su papel interdependiente en la obra y de indicar, al menos a través de un ejemplo, como se entendía la organización del trabajo en el desarrollo de las grandes empresas edificatorias.

El arte práctico de los antiguos no es una simple amalgama de métodos aislados unidos por una comunidad de principios; los romanos supieron ir más allá e imponer a sus procedimientos ciertas ideas de sabia disciplina organizativa que hacen que en su arquitectura veamos una especie de reflejo del mismo orden y regularidad que su genio político desplegaba en la administración del Imperio. Es esta visión del arte romano en tanto que producto de su organización lo que nos resta por analizar. El Coliseo puede servirnos para iluminar poderosamente estas ideas. Estudiemos cómo se organizaban los distintos tajos de obra y el desarrollo de los trabajos.

La lámina XXII ofrece un corte del Coliseo siguiendo una de las galerías radiales. Las diferentes tramas se aplican a los diferentes tipos de materiales: los sillares que se destacan en blanco sobre el fondo de los huecos son bloques de travertino; los otros sillares de los lienzos intermedios son de un material más común, el tufo volcánico compacto que se extrae, con el nombre de peperino, en muchos lugares de la campiña romana.

El travertino, como puede verse, sólo se emplea para las cabezas de los muros y para dos cadenas intermedias M y N, sin duda destinadas a sostener estructuras pesadas, idea que luego parece que se abandonó.

No pretendemos detenernos a pensar en la misión que las cadenas de travertino tenían o quizá debían tener, sólo queremos llamar la atención sobre cómo están aparejadas haciendo que se correspondan, hilada a hilada, con el aparejo interior del muro. Fijémonos que no ocurre lo mismo en los aristones A y B, que se traban de forma incompleta e irregular, y podría decirse que más torpe, con la fábrica que limitan. Para que se aprecie mejor el contraste se han dibujado ambos casos de enlace en las figuras 97 y 98.

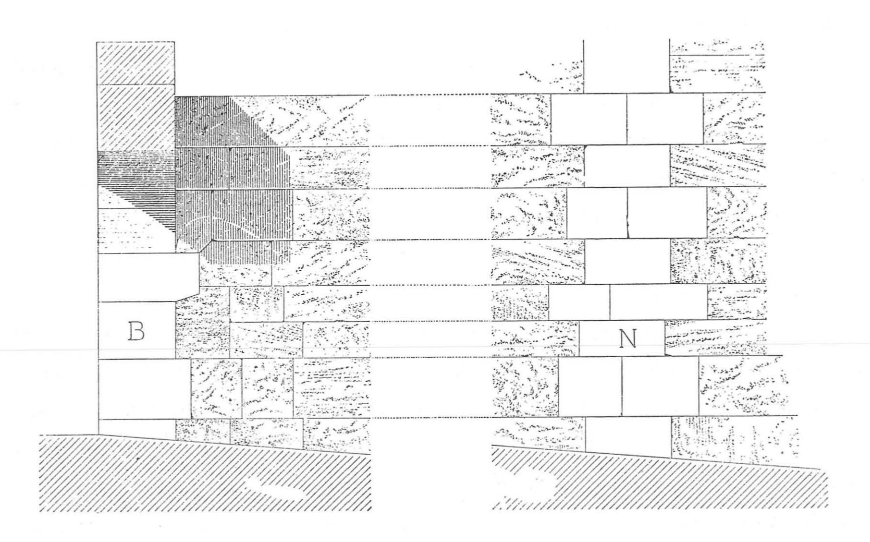


Figura 97. Aristón de travertino en muro de sillares de peperino (Coliseo)

Figura 98. Cadena de travertino en muro de sillares de peperino (Coliseo)

El primer dibujo acusa la traba imperfecta del aristón y del muro, mientras que el otro evidencia el enlace regular de la fábrica de tufo con la cadena de travertino que la corta. A primera vista, estas irregularidades pueden resultar extrañas y sorprendentes, pero un examen más detenido pondrá en claro una lógica tras la que reconocemos uno de los artificios de organización que los romanos sabían tan felizmente introducir en sus grandes empresas para simplificar el trabajo, convirtiéndolo a la vez en algo más metódico y seguro.

Evidentemente, no podemos atribuir la discordancia de las hiladas entre el aristón y el lienzo del muro a la diferencia de materiales y a la supuesta dificultad de disponer la piedra de Tívoli en hiladas homólogas con las de la piedra de Gabii o de Albano, ya que idéntica dificultad hubiera existido en el encuentro de los muros con las cadenas M y N que los dividen y, sin embargo, entre las cadenas de travertino y el peperino de los rellenos no se observa ninguna falta de traba.

¿Por qué aparece entonces esta discordancia, si se podía haber evitado? El aparejo de los aristones no es esencialmente distinto del del muro, sólo la altura de las hiladas difiere. Algunos sillares penetran un poco en el lienzo, formando adarajas, pero la coincidencia de hiladas es fruto de la casualidad. Ciertamente, la única hipótesis que puede explicar estas anomalías en la apariencia de la fábrica tiene que ver con la organización del trabajo, y la veremos a continuación.

Pensamos, en efecto, que los aristones se construyeron en primer lugar, para después construir el lienzo de muro, comprendiendo las cadenas M y N que lo refuerzan. Esta manera de proceder puede parecer chocante hoy día, pero tenía sus causas y sus ventajas. Una era la de permitir tener ante la vista el orden de los trabajos; una vez construidos los aristones A, B, C en todo el perímetro, se formaba una especie de trazado general del anfiteatro y este trazado en volumen, era de utilidad evidente a la hora del replanteo.

Estamos, efectivamente, ante un edificio cuya planta es de una extrema complejidad. El Coliseo poseía un gran número de galerías así como todo un sistema de escaleras y vomitorios, difícil de explicar si no es en presencia de sus propias ruinas, y que era difícil de reconocer con la obra en ejecución. Los constructores estaban expuestos a errores de todo tipo a la hora del replanteo y la organización de tantas unidades de obra diferentes. Se comprende ahora que el sistema de aristones que reciben la arquería perimetral —presentando a su vez las formas apropiadas cada vez que la orientación o la traza de las escaleras debía cam-

biar— fuera un potente recurso para eliminar dudas y errores a pesar de la superposición de los espacios de la planta y la multiplicidad de las unidades de obra.

Esta división constructiva permitía distribuir el trabajo entre las diversas —y perfectamente diferenciadas— categorías de trabajadores. El trabajo de los aristones A, B, C, y las arquerías que descansan sobre ellos, estaba a cargo de una cuadrilla específica, el macizado de muros estaba asignado a otra. Cada cuadrilla repetía incesantemente las mismas tareas. En estas condiciones, se podía estructurar al personal en dos clasificaciones claramente distintas y emplearlos según sus habilidades y mayor o menor aptitud; era, por decirlo así, una aplicación anticipada de las ideas de la industria moderna o de la división del trabajo. Los efectos de esta división pueden apreciarse en otros detalles.

En el piso bajo, el trabajo de las cadenas M y N y el de los lienzos intermedios podían ser encomendados enteramente a los mismos obreros, por lo que cadenas y lienzos intermedios no se distinguen más que por la calidad del material. El modo de ejecución es el mismo, al igual que el cuidado en la talla, de forma que aquí, la división del trabajo entre cadenas y lienzos de muros no tenía razón de ser.

Por el contrario, cuando se llega al primer piso se aprecia una nueva división en la estructura de la obra; el aparejo del lienzo se hace más irregular que el de las cadenas. El aparejo de peperino presenta discontinuidades, con sillares de cualquier tamaño, dispuestos sin orden regular predeterminado, desapareciendo la continuidad de las hiladas. Además, las cadenas de travertino, aparejadas hasta ahora a mayor y menor, se convierten en pilas independientes, de caras verticales y continuas; los lienzos intermedios se yuxtaponen a dichas pilas sin traba alguna: el dibujo de la figura 99 mostrará mejor que cualquier otra explicación el tipo de cambio que se produce.

Si el arquitecto pensó que la independencia de tareas se justificaba cuando pilas y lienzos intermedios estaban construidos en sillería, más motivo tuvo después para mantener la división, cuando renunció al empleo de sillares de relleno en el nivel del segundo piso para ejecutar el lienzo en hormigón con paramentos de ladrillo. Así, las cadenas de travertino M y N, no presentan, a lo largo de la altura de todo el segundo piso, ninguna clase de traba con la fábrica del muro: las cadenas se levantan verticalmente y la fábrica de hormigón se apoya en sus caras laterales.

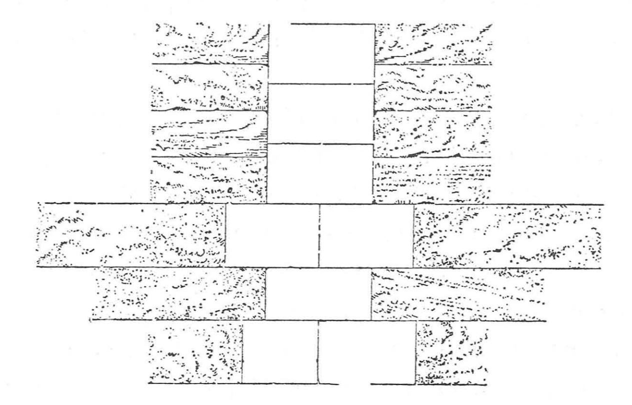


Figura 99. Cadena de travertino en lienzo de peperino. Diferencias en la traba (Coliseo)

Este ejemplo no es, en absoluto, un hecho aislado. El encuentro de un muro de hormigón con aristones o cadenas de cantería se planteó en la parte de los cierres radiales más próximos a la arena e idéntica dificultad dio paso a la misma solución. Puede verse que el cuerpo del cierre, en su parte baja CD, está ejecutado en hormigón revestido de ladrillo y que no existe ningún tipo de traba entre la fábrica del muro y el aristón C de sillería que lo remata, que presenta un trasdós recto. Las dos clases de fábrica se adosan y yuxtaponen, permaneciendo completamente independientes una de la otra.

En este repaso que hemos hecho de los principales sistemas de obra empleados en la ejecución del Coliseo hemos podido observar la gran variedad de formas y tamaños de los sillares. No existe uniformidad en todo el aparejo del edificio. Sin embargo, otros monumentos romanos nos ofrecen inesperadamente el caso opuesto, una sistemática constancia y regularidad de aparejo; es el caso, como hemos visto antes, de las dovelas del Pont du Gard.

En realidad, la anomalía no existe, el contraste entre ambas soluciones revela más bien la dificultad que hubo en el Coliseo de obtener piezas iguales de un mármol como el travertino, que una divergencia profunda en los métodos. Los romanos buscaban, por principio, la igualdad de los elementos y la aplicaban, no sólo a las construcciones de piedra sino también a las de carpintería, y sobre todo a las carpinterías rápidas. De este modo (véase pág. 137, nota 43) todo el maderamen

de una torre de ataque, tenía la misma escuadría y todas las piezas se cortaban en largueros de 16 ó 9 pies de longitud. Este sistema implicaba aceptar desechos, bien fuera de madera de bosque, o bien de cantera, pero suponía también liberarse de un engorro, al eliminar la dependencia entre la extracción del material y la puesta en obra del mismo.

La separación en el trabajo que acabamos de ver entre las distintas partes de la obra se manifiesta con mayor fuerza todavía entre la construcción y la ornamentación.

Cuando se trataba de un trabajo ejecutado en sillería, los constructores dejaban casi siempre el monumento con una labra tosca, para que otros artesanos continuaran después la labra de la ornamentación in situ. A veces las molduras de la arquivolta, en razón a su importancia, se tallaban como piezas independientes del resto de la construcción y eran ejecutadas aparte. Como, por ejemplo, en el caso de las molduras salientes (ver la fig. 100), que corren, a manera de arquivolta, sobre el trasdós de algunas bóvedas.[1] Los romanos seguían aquí el ejemplo de los etruscos, que doblaban el arco con una nueva hilada de piedras.

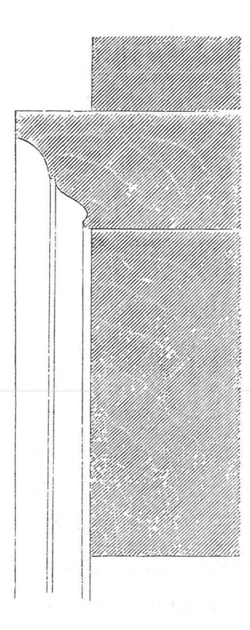


Figura 100. Detalle de la arquivolta de un arco (puerta de Falerii)

Esta misma independencia existía, como ya se ha visto, entre la carpintería de armar y su ornamentación. Los ornamentos (véase págs. 127 y 130) se reducen, por lo común, a boceles esculpidos y pintados, que se clavaban sobre los maderos de las armaduras o sobre los empanelados.

Pero es sobre todo en la construcción de fábricas donde se manifiesta la separación entre los trabajos de estructura y los de ornamentación. El romano construía y otros venían después y se encargaban, a su vez, de embellecer la obra; aplicaban estucos, adosaban mármoles, la revestían de una apariencia más o menos elegante, sin que ésta fuera estrictamente exigible, ni muchas veces derivada de las propias características de la construcción. Suprímase este recubrimiento y la idea primera volverá a aparecer nítidamente, ya que el ornamento es independiente del auténtico fondo y de la estructura del edificio.

Se trata de algo más que una hipótesis, la división era tal que, con frecuencia, los adornos añadidos recubren y disimulan paramentos que tienen un elegante acabado. No es raro que los romanos terminen la superficie de los muros de hormigón con un cuidado aparejo de mampostería o de ladrillo, allí donde luego el decorador vendrá a colocar placas de mármol o estucos valiosos. Esto es visible, por ejemplo, en la lám. XV, 3 y 4, donde se reproducen paramentos de arquerías que fueron ocultados tras gruesos revestimientos inmediatamente después de ejecutarse. El primer ejemplo proviene de la antigua torre denominada templo de Jano en Autun, y el otro del mausoleo de Augusto. Uno se siente tentado ante su cuidado aspecto —del que ciertamente no gozaron los propios romanos— a pensar que sus constructores presentían la futura ruina de la ornamentación superpuesta, y que llegaría un tiempo en el que su obra se mostraría —como hoy— despojada de todo adorno prestado.

Pero quizá sería más adecuado el ver aquí la expresión de un pensamiento de índole exclusivamente práctica. Constituía un principio asumido, el de permitir a las distintas corporaciones de artesanos una amplia iniciativa, ejercida bajo una supervisión general. Cada corporación tenía su parte de responsabilidad en el éxito de la obra común y su parte en la elección de los medios adoptados. Los artesanos poseían capacidad para juzgar, en una cierta medida, los procedimientos a emplear, si bien estaban obligados a seguir ciertas reglas tradicionales, que las corporaciones obreras hacían cumplir escrupulosamente. El albañil ignoraba la decoración que se aplicaría sobre los muros que construía. Aplicaba siempre el mismo

método constructivo para los muros y paramentos, indiferente al hecho de que fueran a revocarse o no. Nos puede parecer que en ocasiones el acabado era innecesario, cuando las fábricas iban a quedar ocultas por la futura decoración, pero la uniformidad introducida en los métodos permitía una ejecución más rápida y este punto era decisivo a los ojos de los arquitectos romanos. Bajo un régimen social en el que los monumentos públicos se levantaban a menudo a expensas y siguiendo las órdenes de magistrados temporales,[2] la rapidez era el primer requisito a cumplir. Las exigencias de la decoración aparecían como un impedimento; la preocupación por los elementos formales durante la preparación de los proyectos y su ejecución hubiera comportado retrasos inadmisibles.

Se explica así que los romanos sólo aceptasen el sistema de construcción de los griegos, en el caso de los templos, las fachadas de los monumentos, o para obras de lujo y de una importancia menor. Un sistema de arquitectura como el griego, en el que la forma no es más que la estructura hecha apariencia, exigiría un gasto de tiempo incompatible con el carácter y las necesidades de los romanos.

Al distinguir entre estructura y forma, dejando a un lado temporalmente las cuestiones ornamentales para luego resolverlas discrecionalmente, los romanos imprimieron en sus obras el orden y la simplicidad necesarias para sus colosales empresas. Es posible que en nuestros días, cuando se construye para responder a necesidades imperiosas y urgentes, haya razones para imitar, en este aspecto, el ejemplo de los antiguos. Por otra parte, no seríamos los primeros en observar y entender esta lección de las ruinas romanas: la arquitectura del Renacimiento italiano nos presenta continuos y destacados ejemplos de ello. Nunca la idea romana de separar la decoración y la estructura tuvo tanto éxito como en la Italia del siglo XVI, como sabemos por los escritos de la época.[3] Los edificios inconclusos de esta época muestran en su mayor parte, simples fábricas de albañilería, con huecos reservados para situar después cornisas y chambranas, los ornamentos accesorios que la costumbre exigía. No hubo necesidad de renovar un método que los arquitectos del Renacimiento tomaron directamente de los antiguos, pues la tradición romana se había perpetuado a todo lo largo de la Edad Media en Italia. Puede decirse que la idea de separar decoración de estructura es quizá la que une más estrechamente la arquitectura medieval italiana con la de la antigüedad, y también la que la distingue más claramente de su coetánea en Francia.

En Francia, durante la Edad Media, la estructura y la forma de los edificios

nunca se trataron de forma separada: los sillares de los edificios exhibían después de su colocación el mismo aspecto que habían recibido en el taller y puede decirse que los acabados y relabrados in situ fueron prácticas desconocidas en Francia desde el siglo XII al siglo XV.

Por el contrario, y durante el mismo periodo, los edificios italianos se levantaban a base de fábrica de mampostería tosca, revestidos todo lo más por un paramento regular. Sobre éste los arquitectos disponían luego los elementos formales, a veces incluso fachadas completas. Así, las fachadas de las catedrales de Siena, de Orvieto o de Bolonia. Son simplemente revestimientos recibidos sobre fachadas anteriores, o sobre muros preparados a este fin. Sin embargo, es difícil encontrar, quizás en Pisa, en Lucca, o en otros pueblos de la Toscana, una iglesia gótica cuya decoración haya sido realizada a la vez que la construcción.

Los muros perimetrales se continúan con un aparejo tosco, con ladrillos sobresalientes haciendo esperas, tal y como se ven todavía en la fachada de la catedral inconclusa de Bolonia. Luego se aparejaban, por delante de estos muros de cierre, otros contramuros, más o menos ricamente decorados. Esta reproducción de un antiguo método en monumentos que recuerdan por su fisonomía general a los edificios romanos, es uno de los ejemplos más curiosos de la variedad de aspectos que puede adoptar una misma idea.

Existen, por otra parte, pocos métodos en el arte de construir que puedan seguirse impunemente hasta sus últimas consecuencias: no es el momento de comentar cuáles fueron los resultados de esta postura dentro de la arquitectura italiana del Renacimiento, pero es preciso reconocer que esta división tan ventajosa desde el punto de vista de la economía y de la rapidez, influyó de forma desfavorable en las formas de la arquitectura romana. Acostumbrados a contemplar separadamente la decoración y la estructura, los romanos terminaron por actuar como si las dos cosas hubieran sido, por su naturaleza, independientes la una de la otra y sólo vieron en la arquitectura un adorno variable, hasta cierto punto, arbitrario. La separación entre construcción y ornamento dejó un espacio demasiado libre a la fantasía y a las imitaciones, que contribuyó a acelerar la decadencia del arte romano.

7

Origen y decadencia de los métodos. Las escuelas locales

Historia de los métodos constructivos

Al exponer los métodos constructivos del arte romano se han citado, para ilustrar cada uno de ellos, ejemplos que se situaban en distintas regiones y a veces de épocas muy distintas. Pero, ¿ofrece realmente el arte romano una unidad tan sólida que autorice a comparar monumentos de épocas distintas y de provincias tan alejadas unas de otras? La cuestión se responde afirmativamente en parte si nos atenemos a la coincidencia de resultados a la que nos han conducido estas reflexiones. Sin embargo, no debe exagerarse tal aparente uniformidad, que si bien realmente existe en los principios utilizados, no excluye modificaciones de mejora inherentes a una práctica continuada de los mismos métodos, ni tampoco las ligeras variaciones que un sistema de construcción deba soportar para adaptarse a los distintos climas.

La construcción no dejó de tener, en efecto, sus escuelas locales ni escapó a la influencia de los ejemplos de fuera o al impacto de las vicisitudes interiores de Roma. Así, pasó del carácter etrusco que poseía en los tiempos en que Roma era todavía una ciudad de Etruria, a impregnarse poco a poco del espíritu helénico al entrar en contacto con la civilización griega. Hasta aquí su originalidad residió, no tanto en la creación de nuevos tipos como en el agrupamiento de los existentes

dentro de un nuevo sistema. Ya hemos tenido ocasión de indicar cuando estudiábamos las construcciones de cantería algunas de las ideas tomadas de Grecia y de Etruria, pero hacer un seguimiento más preciso de la penetración en la arquitectura romana de las influencias foráneas y determinar las circunstancias que la hicieron posible nos llevaría a entrar en el campo de las conjeturas y a proceder a reconstruir la historia de la construcción a partir de las relaciones políticas de Roma.

No deseamos embarcarnos en esta difícil búsqueda, por lo que dejamos a un lado el período en el que los arquitectos romanos se contentaron simplemente con imitar los modelos etruscos o griegos y tomamos como punto de arranque de nuestra historia el instante en el que concibieron los únicos métodos que les pertenecen con exclusividad, los de la construcción de hormigón.

La aparición de las bóvedas de hormigón en los monumentos romanos se produce pocos años antes de la era cristiana. Sin duda numerosos ensayos preliminares debieron preparar esta importante innovación, pero de ellos no existe un rastro cierto ni en las ruinas ni en los libros. El mismo Vitruvio, que escribía unos años antes de la fundación de las termas de Agripa, no parece percibir el papel capital que iban a desempeñar después estas bóvedas de hormigón. Y eso que el arte que Vitruvio describe estaba a punto de sufrir una brusca y profunda transformación.

¿Cuáles fueron las causas que determinaron esta súbita revolución producida en el arte de construir bajo el gobierno de Augusto? Se nos ocurren varias respuestas lógicas que pasaremos a enumerar. Por una parte el tesoro público había crecido repentinamente con el final de las contiendas civiles y de las guerras exteriores, lo que unido a la calma de la situación hizo que los nuevos métodos encontraran por primera vez grandes programas donde aplicarse y la ocasión de desarrollarse con brillantez. Por otra, Agripa acertó a ver en el embellecimiento de Roma un buen medio para hacer olvidar al pueblo su antigua vida política, y encabezó un movimiento que hizo que bajo su administración Roma se poblase de edificios destinados al placer y a las fiestas del pueblo romano (hasta el punto de que incluso el espacio de la ciudad antigua se hizo demasiado angosto para tanto monumento y hubo que proceder a realizar una ampliación hasta el Campo de Marte). En suma, creo que es el doble efecto de la política y las costumbres lo que produjo el brusco auge de la práctica de la arquitectura en los primeros años del régimen imperial.

En el mismo momento de su creación se fijan definitivamente los métodos y

procedimientos que ha de seguir el arte de la construcción, que una vez instituido, permanecerá instalado en su más alto punto de perfección durante un intervalo de más tres siglos y medio. Desarrollo curioso que lo es más si tenemos en cuenta lo que ocurre simultáneamente con la arquitectura. Mientras ésta entra en declive progresivo, la construcción imperturbable se mantiene en su tradición (pero también sin progreso).

Los problemas específicos que afectaban a la arquitectura parecen no haber afectado al arte de construir, ejerciendo sobre él una influencia insensible o nula. Esto es comprensible; la decoración y la estructura habían llegado a ser en Roma prácticamente independientes entre sí,[1] por lo que sus respectivos desarrollos y decadencia obedecían a leyes diferentes e incluso inversas. Como puede observarse no se construía de forma diferente bajo los Antoninos que en la época de los primeros césares, aunque la arquitectura cambiara notablemente durante el siglo que separa a unos de otros. A finales del siglo tercero, mientras la arquitectura se encontraba en plena decadencia, el arte de construir, todavía floreciente, producía las termas que llevan el nombre de Diocleciano. Después de Diocleciano el arte continuó degenerando, pero es digno de mención que los «torpes» arquitectos que tuvieron que expoliar un monumento de Trajano para adornar el arco de Constantino, son contemporáneos de los osados constructores que levantaron sobre las naves de la basílica de Majencio, las bóvedas magníficas cuyos restos nos sorprenden doblemente por su grandeza y su solidez.[2] Nunca antes el arte de decorar y el arte de construir habían ofrecido entre ellos un contraste más sorprendente y extraño. El desacuerdo llegó al máximo pero también llegó a su término, y así pudo verse, ya bajo el mismo Constantino, decaer el arte de la construcción al nivel al que la arquitectura había descendido ya hacía tiempo.

Desde el momento en que apenas empezó a anunciarse, la caída fue tan brusca y rápida, que puede ser detectada en monumentos de construcción descuidada como el circo de Majencio, cerca de la vía Apia. Al lado de estas producciones mediocres, la arquitectura práctica seguía proporcionando, a través de obras maestras, la prueba del mantenimiento de las viejas tradiciones. Pero, de repente, esta fecundidad prodigiosa se agota y el arte de construir retorna al punto de partida de hacía cuatro siglos; si su progreso se cimentó sobre el auge y desarrollo de las obras abovedadas, su declive estuvo marcado por el abandono, prácticamente absoluto, de aquéllas. Los primeros síntomas de decadencia se aprecian en la inci-

piente timidez en el uso de los procedimientos tradicionales, como ocurre con los monumentos de Santa Constanza y de Santa Elena, situados a las puertas de Roma. Quizá pueda datarse también en esta época el extraño edificio que lleva el nombre de Minerva Médica, en el que el empleo torpe e indeciso de los métodos clásicos delata perfectamente el momento de duda que precede a los siglos de decadencia. Seguidamente las bóvedas —las esféricas entre otras— aunque no dejan de aparecer en monumentos funerarios y religiosos, desaparecen casi por completo en los grandes edificios civiles. Las basílicas cristianas de los siglos cuarto y quinto no presentan ya sino arquerías, que unen las columnas (dos a dos) y una bóveda de horno al final de la nave principal; el resto se cubre con una simple techumbre de madera. Pasarán así doscientos años, de Constantino a Justiniano, en los que las bóvedas, relegadas a monumentos de muy pequeña importancia, dejan de dominar el panorama general de la construcción. Cuando finalmente reaparezcan después con el renacimiento bizantino, lo harán bajo una forma completamente distinta. La ruptura con la tradición antigua se había producido definitivamente en Roma,[3] y de manera tan rápida que parece vincularse a alguna causa violenta y repentina.

Toda una revolución se completa entre la época de Diocleciano y los últimos años de Constantino. La ciudad de Roma pierde la capitalidad del mundo romano y se la cede a Bizancio; esto no sólo tiene consecuencias políticas (al perder sus antiguos privilegios), también transforma el arte de construir.

Las inmensas construcciones de la nueva capital absorben en un momento todos los recursos del Imperio. Así, su fecha fundacional (330 d. C.) marca el momento en que se detecta en la construcción romana la transformación profunda y súbita cuyas principales características hemos descrito. Que no se vea aquí una simple conjetura. La constitución fechada el año 334, cuatro después de la fundación de Constantinopla, formula de la forma más clara, en un acto oficial, la causa del declive de la arquitectura en el siglo cuarto. Se dispone de una prueba, a través de una singular comunicación que Constantino dirige al prefecto del pretorio, jefe común para Italia y África, para contribuir a los agotados recursos de Italia: «Son necesarios tantos arquitectos como sea posible, pero como no los hay...»;[4] éste es el principio de la primera ley, dada por Constantino, sobre las inmunidades de los artesanos. Para salvar los restos del arte antiguo, Constantino funda escuelas y da becas en provecho de los jóvenes romanos que quieran dedicarse al estudio de la

arquitectura. Vano empeño, pues las nuevas necesidades que habían aparecido requerían para su resolución un cuerpo de métodos completamente nuevo. Además, faltan brazos y las medidas represivas para asegurar el trabajo tributario forzoso se multiplican cada día. Faltan también jefes de obra que puedan imaginar la construcción de otra capital del mundo con el mismo lujo de material y esa solidez inquebrantable que podía admirarse en los monumentos de la antigua Roma. Hubo, pues, que recurrir a construcciones ligeras y sacrificar la solidez, para atender a infinitas necesidades. Las prácticas seculares del arte romano desaparecieron parcialmente con este cambio. El antiguo equilibrio de las clases obreras se destruyó, y la tradición que se había perpetuado desde Augusto a Constantino desapareció de forma inesperada.

Mientras que las construcciones de Constantinopla agotaban los recursos del Imperio, los magistrados de provincias trataban a su vez de transformar sus propias residencias. El gusto por los edificios crecía en todas partes, mientras que los recursos para realizarlos eran cada vez más escasos. Hizo falta detener esta especie de afición mediante unas leyes que se repiten, por decirlo así, en cada página del Código,[5] y cuyo número informa sobradamente sobre su falta de eficacia. En vano, los emperadores prohibieron el empezar nuevos edificios antes de la finalización de los monumentos en marcha, y en vano también, intentaron limitar estas obras inútiles privando a los magistrados del honor de colocar su nombre en ellas. También fracasaron a la hora de imponer a los fundadores de edificios públicos el deber oneroso de completar su ejecución; la moda, más fuerte que las prohibiciones imperiales, multiplicaba sin tasa estas locas empresas, y la carencia de recursos, cada día más acusada, alejaba cada vez más a los constructores de las buenas tradiciones de la escuela antigua.

Un pequeño número de monumentos de esta época ha llegado hasta nosotros: son las basílicas, cuya permanencia se debe sobre todo a la piedad y fervor religioso de los cristianos. Sin embargo, la mayor parte de los edificios de Constantinopla debieron ser sustituidos por los primeros emperadores bizantinos y el historiador Zósimo afirma que muchos cayeron ya bajo el reinado del mismo Constantino, a causa de la precipitación empleada en construirlos. Este autor, pagano obstinado, es sospechoso de malicia cuando habla de Constantino, de su gobierno, y de su culto; se percibe la misma idea sectaria en las expresiones que utiliza al referirse a los monumentos construidos por Constantino.[6] Sin embargo, el

testimonio de Zósimo establece al menos que los edificios duraron poco y su ruina anticipada parece deberse a esta insuficiencia de recursos, que se deduce de las leyes imperiales.

Tal fue, en forma resumida, la historia de los métodos de la construcción de hormigón. Historia singular, cuyas fases parece que no obedecen, al contrario que en otras historias, a la ley general de la continuidad. El gran declive del siglo cuarto se produjo, al igual que el gran progreso acaecido en el último siglo antes de nuestra era, bruscamente, sin que haya quedado reflejada en los monumentos ninguna etapa de transición.

Lo que ocurrió después de esta última transformación ya no nos concierne aquí, pues hemos limitado nuestra investigación a un período que empieza en los últimos años de la República y termina en la época de las primeras invasiones bárbaras. Echemos ahora una ojeada a cómo variaron los métodos en los distintos puntos del mundo romano.

Las escuelas locales: el arte romano y la estructura municipal del imperio

Al idear el sistema de construcción con hormigón los romanos se encontraron en poder también de un instrumento capaz de homogeneizar las reglas del arte de construir. Desde el día en que, sólo con ayuda de peones y sin otros materiales que cal y guijarros informes, consiguieron levantar bóvedas colosales, también tuvieron a su disposición una forma de construir que con el tiempo podía hacerse universal. A través de las colonias, y por medio de las legiones, hicieron llegar sus nuevos métodos hasta los confines del Imperio, pudiendo erigir así, y bajo dominación de Roma, ciudades enteras que recordaban por sus trazas la fisonomía de la metrópoli. Estas ciudades se convirtieron a su vez en otros tantos focos, desde los que irradiar una forma de entender la arquitectura acorde con las costumbres y usos romanos. Sin embargo, para aclimatarse a cada lugar esta manera uniforme de hacer debía perder alguna de sus características originales y subdividirse en una serie de escuelas, cuyos métodos formalmente distintos reflejan la infinita variedad de recursos y tradiciones locales. Las diferencias de cariz que se reflejan en aspectos relativos a la construcción propiamente dicha, se manifiestan todavía de forma más acusada en las distintas formas adoptadas por la arquitectura. Compá-

rense los monumentos de Roma con los del Egipto romano y se apreciará, por un lado, una clase de arquitectura que se entiende como la oficial del Imperio y, por el otro, —piénsese por ejemplo en los pórticos de Esna y de Dendra, que no se remontan mucho más atrás de la época romana— un conjunto de tipos y proporciones que recuerdan sin duda al arte ptolemaico.

Igualmente, en Grecia, los romanos se adaptaron a las antiguas tradiciones vernáculas. El frontispicio conocido como Entrada del Ágora es un curioso monumento perteneciente a esta escuela del Imperio, que griega al fin y al cabo, había degenerado en una torpe imitación del antiguo arte helénico y se desentendía de las formas del arte de la Roma coetánea.

Si se requiere otro ejemplo, una nueva manifestación de la pujanza de las tradiciones locales que dividieron al arte romano a lo largo de su historia, podemos citar los monumentos construidos durante los primeros siglos de la era cristiana en la zona central de Siria, en concreto los edificios de Haurán, que sorprendentemente se parecen más, por su estructura y adornos, a los monumentos franceses del siglo doce que a los de Roma, Egipto o Atenas (de hecho, una ingeniosa teoría los vincula con el origen de la arquitectura medieval francesa).

Abundando más en estas diferencias de matiz podemos ver cómo las ciudades de la costa occidental y del sur de Italia, entre otras Pompeya, conservaron durante la época imperial su fisonomía griega. También resulta notable observar cómo en el territorio de la antigua Etruria los edificios presentan, incluso después de la conquista, un carácter fuerte y simple, cuyo rastro se encuentra impreso vivamente en los fragmentos romanos de la antigua ciudad de Perugia. Así mismo, en las Galias también existió en tiempos imperiales una escuela local de elegantes características, que manifiesta en las ruinas de Saint-Rémy, Orange y Saint-Chamas un genio propio, que vuelve a encontrarse casi intacto en los edificios del Renacimiento francés.

Si la arquitectura romana va transformándose de provincia en provincia, los métodos de construcción también sufrían una diversificación similar. Ésta se hace explícita en Vitruvio cuando, hablando del aparejo de los muros, distingue las prácticas de los constructores griegos y romanos.[7] Pero, con independencia de su testimonio, los monumentos nos proporcionan por sí mismos suficientes pruebas. Ya se han señalado aquí en distintas ocasiones que hay tipos de construcción y en particular, tipos de bóvedas propios de una región, y cómo los mismos se perpetúan

sin difundirse ni convertirse en un método universal, claros indicios de la existencia de las tradiciones y variantes locales que venimos comentando.

Éste es el caso, por ejemplo, de la bóveda de arcos yuxtapuestos (pág. 114), que aparece especialmente en una región pequeña centrada en torno al Pont du Gard. Pero si en esta región abundan las bóvedas sin traba y su empleo se convierte en una especie de regla, fuera de ella a duras penas podemos localizar algún representante aislado y defectuoso de esa tipología.

Puede hacerse una observación parecida respecto a las bóvedas con arcos de resalto que sostienen losas horizontales (pág. 116); los únicos ejemplos que conocemos pertenecen a dos provincias prácticamente griegas, la Galia meridional y Siria. De hecho, en Siria estos elementos desempeñaban un papel cuya importancia puede compararse al de la ojiva en las construcciones occidentales del medievo.

Otro tanto ocurre con los hipogeos del norte y centro de Francia, monumentos de singular estructura, cuyo estilo y aparejo ya se ha comentado con anterioridad (véase láms. XVIII y XIX; págs. 120 y 124). Sólo su aspecto ya sorprende por su originalidad de concepto que los distingue, a la vez, de los propios monumentos romanos y de obras posteriores a las invasiones bárbaras. Son características las bóvedas rampantes con arcos escalonados, los cañones encimbrados con muros provisionales, la adopción de bóvedas de arista de cantería que otras escuelas se esforzaban en evitar y, finalmente, el uso visible y sistemático de piedras pequeñas en un país rico en canteras. Todos estos elementos insólitos hacen de estos monumentos un grupo compacto y definido, en el que se anuncian tendencias que luego aparecerán en la Edad Media, y cuyo recuerdo y ejemplo influiría en la renovación del arte francés después del periodo romano. Este pequeño número de ejemplos, todos tomados de monumentos de cantería, revelan la naturaleza y la hondura de las diferencias que separan a unas escuelas de otras.

Si volvemos nuestra atención a las bóvedas de hormigón, aparecen diferencias iguales, cuando no aún más acusadas. Por ejemplo, los nervios de ladrillo en retícula, empleados en Roma con tanto éxito y habilidad, que se diría son un elemento esencial en el arte de construir, no tuvieron nunca un uso generalizado, aunque expresen mejor que ninguna otra cosa el espíritu de la construcción romana. No constituyeron realmente más que un método local, que deja de practicarse en cuanto nos alejamos de la ciudad de Roma. A este respecto, basta viajar de Roma a Pompeya para percibir, cambio cualitativo muy notable, cómo la armadura en

forma de retícula discontinua se abandona poco a poco, para ser reemplazada por una cáscara fina y continua de toba, que envuelve a la cimbra y soporta la bóveda. También si nos dirigimos hacia el norte encontraremos un cambio similar. En Verona hay bóvedas con una armadura parecida, en las que el canto rodado reemplaza a las piezas de toba volcánica propias del suelo pompeyano. Si todavía vamos más lejos y atravesamos los Alpes, veremos incluso cómo la propia idea de armadura desaparece. Los mampuestos convergentes situados sobre la cimbra cobran tanta importancia que llegan a constituir el núcleo mismo de la bóveda, mientras que el hormigón ejecutado por tongadas horizontales sólo forma un revestimiento accesorio. En una palabra, las funciones se han invertido completamente.

Hemos ejemplificado así la variedad de aspectos que el arte de la construcción era susceptible de adoptar a través de las variaciones de uno sólo de sus elementos constructivos en una zona acotada del Imperio. Pero hay que decir que mirado desde un punto de vista más amplio, el arte antiguo ofrece en cualquiera de sus partes una diversidad parecida. Si se pasa revista a los tipos de escultura, a la cerámica romana, a las medallas de provincias, o incluso a los mosaicos ejecutados al modo antiguo, siempre aparece la firma de las escuelas locales con idéntica evidencia. Siempre, también, un cierto número de principios comunes revelan una influencia común emanada de Roma, aunque bajo esta uniformidad aparente, un examen atento descubre innumerables matices, o incluso contrastes, relacionados con la peculiar vida local de las ciudades antiguas. Cada ciudad tiene sus tradiciones arquitectónicas, al igual que sus propias instituciones civiles, sus costumbres y sus cultos. El arte romano tiene, por esta razón, un carácter esencialmente municipal y debe comprenderse en su multiplicidad de formas, y no con una rigidez de métodos incompatible con particularidades y necesidades, cambiantes de una ciudad a otra. Los romanos aceptaron las influencias de los distintos territorios, y transformaron su arte para adaptarlo a todas las regiones del Imperio. Sus métodos evolucionaron por familias, y el tiempo consagró la adopción de cada tipo; finalmente, cada colonia y cada municipio tuvieron sus corporaciones de artesanos, depositarias de la práctica de la arquitectura local. El respeto de los romanos por las costumbres y los privilegios de estas asociaciones de obreros contribuiría, como veremos, a hacer que la diferencia entre escuelas fuera más fuerte y duradera.

8

El arte de construir y las organizaciones obreras

Una vez estudiadas las épocas principales de la construcción romana y su vinculación a la historia del Imperio, quisiéramos ahora examinar la influencia de la organización social en los métodos de construcción. ¿Qué papel tenían en la construcción los ciudadanos libres y los esclavos? ¿De qué forma y en dónde se reclutaba a los millares de obreros que construyeron los monumentos de Roma? ¿A dónde se orientaban todos estos esfuerzos? Sólo cuando contestemos a estas preguntas estaremos en condiciones de plantearnos cuáles eran los métodos prácticos preferibles, pues todas estas cuestiones están interrelacionadas; tan legible o más es la situación de los obreros observando la propia estructura de los edificios, como las costumbres de los romanos en la disposición de las plantas. Creemos que dar un panorama general de los métodos de construcción que olvidase las instituciones que los hicieron posibles, derivaría en un estudio de la construcción romana carente de todo interés.[1]

Las corporaciones y colegios obreros

Una de las instituciones, entre otras, cuyo nombre aparece recurrentemente en las leyes romanas y en las inscripciones latinas es el de la corporación o colegio de obreros; curiosas asociaciones, de las que los antiguos lamentablemente no nos in-

forman con suficiente detalle y cuya historia ha de reconstruirse trabajosamente, a través de documentos dispersos. Datos sobre sus servidumbres e inmunidades permiten inferir en ocasiones algunos privilegios o leyes sobre contribuciones públicas. Otras veces son ciertas inscripciones las que dejan entrever, oculta en listas oscuras e interminables, la existencia de una jerarquía compleja, establecida para cada colegio; de hecho, algunas de estas inscripciones revelan textualmente un estatuto, aceptado libremente por las corporaciones, que regula las relaciones entre sus miembros. Aunque son, en general, documentos incompletos y ambiguos, el panorama general de conjunto ofrece una impresión de cierta claridad. Existe un hecho fundamental que parece desprenderse de todos estos testimonios parciales, y es el de la existencia de una sociedad obrera propiamente dicha en el seno de la sociedad romana, situada al servicio de los emperadores a través de una organización jerárquica, con un sistema de privilegios y servidumbres.

Por otra parte, hay que decir que esta organización fue de carácter tardío. Antes de llegar a ser un instrumento imperial, los colegios obreros tuvieron que luchar durante mucho tiempo hasta lograr que se les reconociese su existencia y ver sancionados sus privilegios. La lucha empezó ya en los primeros tiempos de Roma, para prolongarse, con distintas alternativas durante casi ocho siglos. Fue solamente con Adriano cuando las corporaciones locales se consolidaron definitivamente como una institución más, comenzando a desarrollar el importante papel que luego tuvieron en la economía interior del Imperio.

Los orígenes de las corporaciones obreras se confunden, por decirlo así, con los propios de la nación romana; quizás incluso debiéramos añadir la creación de los colegios a las numerosas iniciativas etruscas durante el período de organización pacífica, que los historiadores atribuyen a Numa. Pero más tarde, con las preocupaciones de los romanos volcados nuevamente sobre las empresas guerreras, la institución se debilitó temporalmente, para volver bajo una nueva forma. El mayor peso recayó entonces sobre las corporaciones más capaces de concurrir mediante sus servicios a los trabajos militares, al abastecimiento de las armadas, a la construcción y manejo de las máquinas de guerra. Cuando al pueblo se le clasificó en centurias, la importancia de dichas corporaciones se había vuelto lo suficientemente grande como para que les correspondieran dos centurias, pudiendo votar en los comicios como ciudadanos romanos de primera clase. Este privilegio se otorgó a un gran número de corporaciones, cuyo estudio pormenorizado nos alejaría de

los términos lógicos de este estudio, pero muchas de las que nos interesan gozaron de él, entre otras, las de los obreros de la madera y los metales que alcanzaron su categoría entre estas sociedades paramilitares que también, según Tito Livio, hacían el oficio de soldados sin llevar las armas.[2]

El ejemplo de estas primeras corporaciones y la influencia creciente que ejercían sobre la sociedad romana impulsaron con fuerza el espíritu de asociación de las clases obreras; poco a poco, todos los oficios de Roma se fueron organizando a través de colegios, adoptando un régimen interior de grados que se parecía al que tuvieron los colegios instituidos por Numa y Tulio. Estas confraternidades vieron peligrar su existencia con los últimos Tarquinos y también durante el gobierno aristocrático que siguió a la expulsión de los reyes,[3] pero su espíritu asociativo se sobrepuso a las prohibiciones de los patricios, llegándose a que, en los últimos años de la República, el conjunto de los obreros de Roma estuviesen ya encuadrados en sociedades libres, fuertemente arraigadas. Éstas poseían, con o sin el consentimiento del poder constituido, una completa organización situándose, hasta un cierto punto, fuera de la acción de la autoridad central.

Al parecer, las ventajas materiales servían más de pretexto que de fundamento para estas asociaciones: durante la época de las guerras civiles que precedieron a Augusto, las facciones enfrentadas que dividían al mundo romano las instrumentalizaron, lo que les granjeó la desconfianza del gobierno romano. Prohibidas bajo la administración de Cicerón, a pesar del apoyo que antes les había prestado, estos mismos colegios fueron restablecidos por Clodio, que aumentó su número, admitiendo a los extranjeros y hasta a los esclavos, lo cual exageró su espíritu levantisco, razón que movió a Julio César a suprimirlos de nuevo.[4] Sólo fueron admitidas ciertas excepciones, por respeto a las antiguas tradiciones o por atender a las necesidades generales: se ignora cuál fue entonces la suerte de las corporaciones que contribuían a los trabajos de construcción, si estos colegios fueron suprimidos, o si la antigüedad de su origen y la importancia de sus servicios hizo que se incluyeran dentro del pequeño número de colegios citados en los textos «que fueron incluidos por interés público».

Como quiera que sea, la frecuencia de edictos contra los colegios en el intervalo de un siglo confirma la consistencia adquirida por la idea asociativa; desde Julio César hasta el emperador Claudio, tres edictos sucesivos confirman, a su vez, las primeras prohibiciones.[5] Los emperadores, cansados de luchar frontalmente con-

tra una tendencia que se acrecentaba proporcionalmente a los esfuerzos dirigidos en su contra, se pusieron paulatinamente a la cabeza de los colegios y, para dominarlos, se aprovecharon del carácter religioso, a caballo entre la idea de asociación y la de partido, que se había introducido entre los mismos. Nerón se hizo nombrar sacerdote de todas las corporaciones toleradas en Roma,[6] y un gran número de colegios desaparecidos volvieron a surgir bajo el patronazgo aparente —y con la protección algo pérfida— del cáracter pontificial de los césares.

Pero la orientación dada por la autoridad a las asociaciones obreras, no fue suficiente para alejar los temores por mucho tiempo. Trajano intenta vanamente poner en vigor las antiguas prohibiciones y desde los primeros años del siglo segundo, se asiste al singular espectáculo de un emperador romano obligado a reconocer en la ciudad de Roma, asociaciones que intentaba reprimir en las provincias lejanas.[7]

Adriano fue el primero en comprender globalmente la esterilidad de los esfuerzos destinados a detener la actividad colegial, y abandonó la idea de suprimir los colegios, o la de reducirlos a simples conferencias religiosas: le pareció que las corporaciones eran un potente instrumento para la ejecución de los grandes edificios que proyectaba y de sus vastas empresas. Los colegios de obreros perdieron ahí su carácter primitivo de asociaciones libres y fueron incluidos entre las instituciones oficiales del Estado. Este hecho supone un cambio trascendental, que señala para la mayor parte de las clases obreras el punto de partida de un régimen completamente distinto, cuyo desarrollo abarca el largo período transcurrido entre Adriano y Teodosio II.[8]

Los nuevos condicionamientos impuestos a las corporaciones de obreros constructores se reflejan en algunos textos de los historiadores, pero sobre todo se precisan en los reglamentos de Antonino Pío y sus sucesores, y la forma definitiva que adoptan en los últimos tiempos del Imperio surge de numerosos textos conservados en la legislación teodosiana.

Así, Aurelio Víctor informa que Adriano encuadró a los obreros constructores en cohortes organizadas siguiendo el modelo del ejército: «Imitando a las legiones militares, había encuadrado en cohortes a los herreros, tracistas, arquitectos y toda esta clase de artesanos que construyen edificios o los decoran.»[9]

Algunos reglamentos que pueden atribuirse al inmediato sucesor de Adriano, completan el sentido del testimonio anterior, cuya forma original es categórica y

no deja lugar a equívoco de ningún tipo. El jurisconsulto Calístrato se expresa del modo siguiente, resumiendo las disposiciones tomadas, en relación con los colegios, por Antonino Pío:

> «A ciertos colegios... les ha sido otorgada inmunidad. Son los colegios donde se es admitido en razón de cada oficio; tal es el cuerpo de herreros y todos los que tienen origen parecido, es decir, que han sido instituidos para servir a las necesidades de las empresas de utilidad pública...»[10]

Se ha considerado oportuno el reproducir este curioso texto, que a la vez define el tipo de servidumbre impuesto a los colegios, y la razón de los privilegios que les habían sido concedidos a cambio. Éstos eran, ante todo, una compensación de las obligaciones que pesaban sobre los mismos. Los emperadores tuvieron que reconocer de este modo la obligación onerosa que constreñía a los miembros de cualquier colegio a prestar sus servicios, cada vez que una necesidad pública así los requería.

Ésta es la idea fundamental sobre la que descansa la institución de los colegios obreros, pero salgamos ahora de estas consideraciones generales, para intentar precisar la naturaleza de los requisitos a los que tenían que someterse sus miembros, el carácter de su inmunidad y las circunstancias en que se movía su organización interior.

La servidumbre impuesta a los colegios no obligaba a trabajar gratuitamente para el Estado, sino solamente a trabajar para aquél. Esto representa una restricción de la libertad personal y no otra cosa: restricción grave, por otra parte, si se juzga bien por la importancia de la contraprestación dada a cambio, o por la severidad de las penas previstas para los miembros de los colegios que intentaran evitar el cumplimiento de sus obligaciones mediante la huida.[11] Se trataba, ni más ni menos, que de someterse a la discreción absoluta de la administración romana, de residir permanentemente en los lugares donde se debían ejercer las funciones correspondientes a cada colegio, y de aceptar como pago de dichos servicios, la retribución que el Estado tuviera a bien acordar. Era, tal y como se ve, una situación esencialmente dependiente que recuerda por más de una analogía a la de los colonos romanos, o mejor todavía a la de aquellos singulares dignatarios de los últimos tiempos, denominados curiales, a los que el despotismo de los emperadores romanos cargaba con honores, impuestos y funciones ruinosas. De la forma en

que se mire, la sociedad romana parece basarse enteramente en un régimen de servidumbres parcialmente compensado por privilegios.

Los miembros de los colegios eran algo más afortunados, en este aspecto, que los antes citados y encontraban en las inmunidades garantizadas a su corporación una compensación a las pesadas obligaciones que soportaban. Gozaban del privilegio de una exención absoluta de todas las cargas públicas, funciones municipales e impuestos extraordinarios. Sin prestaciones personales ni servicio militar, eludían las penosas imposiciones que, con distintos nombres, y por así decirlo, hasta el infinito, aplastaban al resto de las clases de la sociedad romana.[12]

Además de estas ventajas, las corporaciones obreras recibían del Estado una dotación en tierras cuyo rendimiento se consideraba parte de la remuneración por sus servicios. Estas propiedades, denominadas «fundi dotales»,[13] se repartían entre los miembros de la asociación y eran transmisibles, al igual que cualquier otro bien, por vía hereditaria. De igual modo, las cargas correspondientes se repartían entre los diferentes miembros del cuerpo en proporción a la importancia de la dotación de tierra asignada. Así, cada cual contribuía al servicio del Estado en proporción a la parte de tierras que poseía y las obligaciones se transmitían a la vez que la propiedad misma.

De ahí se derivan varias consecuencias importantes: al pasar la dotación de tierras de una corporación, de padres a hijos, las obligaciones que se derivaban de su posesión se heredaban también: por esta razón, a pesar de sus funestas consecuencias, los romanos se vieron obligados a fijar a cada obrero a su colegio, perpetuando en las familias una servidumbre, que privaba al hijo del derecho a elegir su modo de vida y de regular, de acuerdo con su propio gusto o conveniencia, la naturaleza de sus ocupaciones.

La solución lógica hubiera sido el dar a cada cual la facultad de optar entre asumir las obligaciones del colegio o en caso contrario, el abandono de la dotación de terreno, idea que no escapó al espíritu lógico e inquisitivo de los legisladores romanos. Los términos de la ley, a este respecto, son categóricos y casi constituyen una especie de teoría sobre las servidumbres impuestas a las corporaciones obreras: «Aquellos que detenten a cualquier título propiedades sometidas a las cargas de las corporaciones, sea que las posean por efecto de compra, de donación o cualquier otro título, deben participar en las obligaciones públicas en proporción a la importancia de sus propiedades, o bien renunciar a ellas.» Y, añade la ley, esta

posibilidad de elegir se extiende «a todas las corporaciones que participan de los privilegios de la ciudad de Roma».[14]

Pero nos tememos que esta ley, que parecía destinada a salvaguardar la libertad individual, se quedó en una más de esas disposiciones especulativas, de las que la legislación romana no se encuentra exenta. Sin duda, el valor de esas ventajas debió de verse mermado en más de una ocasión por las exigencias de las corporaciones menos favorecidas a las que una larga tradición había convertido en órganos imprescindibles de la administración imperial. En realidad, los emperadores se habían arrogado el derecho de admitir a los ciudadanos en las corporaciones, así como el de trasladar a sus miembros de una corporación a otra, llegando a incluir entre las penas legales, como si temieran una eventual falta de mano de obra, la incorporación forzosa de ciudadanos a los colegios, donde se realizaba un trabajo particularmente duro.[15]

De esta forma y a través de una disciplina hábilmente tiránica, el gobierno romano proveía a las necesidades de las obras públicas y al aprovisionamiento de las grandes ciudades. El obrero o el negociante del imperio romano no eran ciudadanos independientes que trabajasen por cuenta propia para satisfacer sus necesidades cotidianas, sino funcionarios sometidos a la autoridad central y jerarquizados en categorías, que percibían a cambio obligado de sus servicios al Estado o al municipio, según el caso, una retribución en forma de posesión de tierras. El Estado, a través de estos agentes pagados, producía directamente los bienes destinados a la alimentación del pueblo (pistores, suarii, etc.), efectuaba el transporte (navicularii, vecturarii) y construía los monumentos (structores, tignarii, fabri, etc.). Se formaba así un extraño régimen que suplantaba al juego espontáneo de la industria, en el que la competencia y la iniciativa privada eran sustituidas por el funcionamiento de una inmensa jerarquía administrativa, que empezaba en los emperadores y terminaba en el último obrero de las grandes ciudades.

Sería erróneo pensar que los servicios de los colegios quedaban pagados sólo con sus dotaciones de tierras y sus privilegios. Éstos constituían una primera compensación que frecuentemente se completaba con otra, acorde con la importancia de los servicios prestados en cada caso. Prueba de esto último son las curiosas leyes o constituciones que regulaban a la corporación encargada del suministro de cal para los edificios de Roma, los «calcis coctores». Su retribución, siguiendo una costumbre por otra parte muy extendida en todo el Imperio, no se realizaba en

metálico sino en especie: un ánfora de vino por tres carros de cal. A los carreteros que traían la cal, les correspondía por su parte un ánfora de vino por 2.900 libras de cal, sin contar el rendimiento de sus tierras dotales y el producto de trescientos bueyes de tiro entregados a su corporación.[16]

La sociedad romana parecía así reconocer, a través de inmunidades o beneficios permanentes, el estado de dependencia impuesto a los colegios mientras que otorgaba un pago específico por cada uno de los servicios prestados. Por otra parte, esta retribución, racional y en apariencia equitativa, estaba lejos de pagar a su valor real los servicios prestados; era sólo, como dice el *Código*, un alivio (solatium)[17] tendente a compensar unas obligaciones penosas. Al Estado correspondía el derecho de fijar la retribución pero el pago acordado no era más que parcial, disimulando a duras penas un estado de semiesclavitud. La realidad era que sobre las espaldas de las corporaciones recaía la mayor parte de los servicios de la ciudad y que, como bien dijo un ilustre romano en una reclamación a los emperadores: «Sus antiguos privilegios los habían adquirido a un alto precio; sólo a través de una obediencia perpetua habían pagado sus supuestas inmunidades.»[18]

Este sometimiento de los colegios era la consecuencia de un sistema económico viciado, pero es preciso señalar en defensa de los legisladores romanos que sólo restringieron su independencia hasta donde las razones de índole económica lo hacían estrictamente necesario y no más allá. Si podían respetar las franquicias municipales también podían mantenerse alejados de cualquier intervención superflua en el régimen interior de las corporaciones obreras. Esta cautela se remonta ya a la legislación decenviral: «En las corporaciones, decía la Ley de las Doce Tablas, el poder se ejercerá según la organización que aquellas prefieran, siempre que no alteren en nada la ley pública.»[19] Gracias a esta amplia tolerancia, los obreros pudieron constituir asociaciones parciales entre ellos, así como agruparse bajo la dirección o bajo la responsabilidad pecuniaria de un obrero más hábil o más rico que, interponiéndose entre ellos y el Estado, negociaba —normalmente a tanto alzado— con los magistrados responsables de los edificios públicos y desempeñaba en la obra el papel de un verdadero contratista (redemptor o locator operis).[20]

Rápidamente, se fue formando poco a poco en cada colegio una administración sensiblemente distinta a la propia de la ciudad donde residía.[21] El Senado se reservaba el derecho de autorizar o suspender las reuniones del colegio, pero una vez

autorizado, el colegio llevaba administrativamente una vida independiente de la de la ciudad, dotándose de reglamentos especiales de policía (alguno de los cuales ha llegado hasta nosotros) y de una serie de dignatarios cuyas funciones y mutua subordinación parecían calcadas de la organización misma de la ciudad romana. El colegio, más aún que la propia ciudad, era el vínculo que unía entre sí a los obreros romanos y su vida se concentraba de tal modo dentro de las corporaciones que llegaban a contar los años, incluso en los actos públicos, a partir de la fecha fundacional de sus colegios.

Al igual que el municipio, la corporación se dividía en centurias y decurias, a la cabeza de las cuales se situaban ordinariamente jefes electos, que se designaban con el nombre de maestros, quinquenales, etc. Sus miembros se situaban colectivamente bajo la protección de patronos, por medio de asociaciones honorarias, y se reunían en fechas determinadas en los lugares de asamblea que las inscripciones designan con el nombre de «scholae», celebrando fiestas en las que la religión rara vez faltaba. Tenían su propios sacerdotes, sus templos y toda una serie de instituciones religiosas que se perpetuaron incluso después del triunfo del culto cristiano, provocando la aplicación rigurosa de las leyes bajo los emperadores que sucedieron a Constantino, contra alguna corporación calificada como pagana.[22]

A las subdivisiones administrativas o religiosas de los colegios se añadía una más, basada en la naturaleza de las ocupaciones de sus miembros, repartiéndose en clases de obreros diferentes entre sí con atribuciones, netamente delimitadas, acordes con la extrema división que existía en la estructura de la industria. Respecto al «collegium structorum», o colegio de obreros encargado de realizar las fábricas romanas, no hemos podido encontrar de forma segura los nombres de las categorías cuya existencia suponemos, pues no hay más testimonio que el de breves inscripciones y sería deseable que nuevos hallazgos vinieran a completar la documentación de la que hoy día se carece. Pero a juzgar por cómo se organizaba la corporación de los «aquarii» de la que Frontino nos informa detalladamente, la división del trabajo tendría su traducción en categorías muy diferenciadas. ¿Se puede identificar esta división con la clasificación de los miembros colegiales en centurias y decurias? Se trata de una nueva cuestión sobre la que los textos no parecen, hasta el momento, ofrecer ninguna claridad.

Frontino divide el cuerpo de los aquarii en «villici, castellari, circitores, silicarii, tectores, etc.»[23] No nos detendremos aquí a discutir el sentido de estos térmi-

nos, que nos llevarían fuera de nuestro tema, limitándonos a llamar la atención sobre la multiplicidad de los servicios que denotan. El cuerpo de aquarii constituía verdaderamente una «familia publica» y no un colegio propiamente dicho, pero la diferencia entre los colegios y las familiae publicae parece residir exclusivamente en la condición servil de los miembros de los que se componía éste último género de asociación. Por ello puede suponerse que las razones para la división en clases en uno y otro organismo eran las mismas y que una estructura parecida a la conocida en las familiae publicae, existiría igualmente en los colegios.

Pero no resulta realmente necesario recurrir a las analogías. La extrema división de las atribuciones parece estar escrita en la estructura misma de los edificios. Volvamos a utilizar un ejemplo citado anteriormente, el Coliseo.[24] Se ha visto cómo cada parte de esta construcción gigantesca constituía una obra independiente, que existían diferentes cuadrillas y obreros para la construcción de los lienzos de muro y para los aristones que los rematan. También se ha visto cómo las cadenas isódomas, intercaladas dentro de un muro de aparejo irregular o de ladrillo, eran ejecutadas por distintos obreros que los que trabajaban en los lienzos intermedios del muro. Otras veces, el albañil y el cantero concebían desde puntos de vista opuestos una misma idea constructiva; las bóvedas de hormigón de Provenza, comparadas aquí con las bóvedas de cantería, nos proporcionarían un excelente ejemplo de esta oposición. Por otra parte, la distinción tan clara que los romanos establecían entre forma y estructura es suficientemente significativa y responde evidentemente a una separación de papeles bien delimitada entre los artesanos encargados de construir los edificios por un lado, y de adornarlos por el otro. Puede ser necesario incluso contar aquí con la historia de las inevitables rivalidades y hasta con el mundo de las pasiones mezquinas que el régimen de confraternidades de los obreros del Imperio propiciaría, historia que parece estar reflejada en sus mínimos detalles en los monumentos que nos han legado.

La costumbre de contratar a tanto alzado tuvo efectos tan reconocibles sobre la obra que, incluso hoy, pueden distinguirse los trabajos realizados por contrata de aquellos que el Estado realizaba directamente, a través de su propios agentes. Frontino insiste sobre esta diferencia[25] y bastará un ejemplo para darle la razón. Hemos hablado del anfiteatro de Verona y también apreciado cuán deficiente es su construcción, especialmente patente en los dinteles, donde piezas, toscamente labradas, revelan una negligencia y unos errores de ejecución casi sistemáticos

(véase pág. 117). He aquí el resultado típico de un edificio realizado por el Estado utilizando directamente una mano de obra irresponsable, quizá ejecutado con mano de obra tributaria, pero lo que es seguro es que el anfiteatro de Verona no es, en modo alguno, la obra de un contratista que, por medio de un precio convenido, se comprometa a aplicar estrictamente las reglas propias de su arte y garantiza un nivel de calidad. Tampoco fue a través del procedimiento de contrata como los griegos obtuvieron en sus edificios una ejecución tan perfecta, cuyos restos podemos aún admirar. Para construir las murallas del Pireo les bastó una contrata, sin embargo, para levantar el Pandroseo el Estado contrató directamente con cada uno de los obreros a los que quería hacer intervenir en dicha obra.[26] Los romanos procedieron en sus construcciones utilitarias igual que los griegos en el caso de las murallas del Pireo: remataban con un contratista responsable un tipo de contrato (el de Pozzuoli resulta característico de este tipo)[27] en el que se describía minuciosamente el edificio, pero no los procedimientos constructivos a seguir, que quedaban a elección del contratista. Él era quien organizaba la obra y el único beneficiario; estaba interesado, pues, en introducir mejoras en su organización. Este hecho es de gran importancia ya que explica, por una razón de interés personal, la cantidad de artificios empleados para simplificar o hacer más económicos los medios auxiliares.

Pero fue un aspecto ligado estrechamente a la organización de los colegios el que ejerció sobre el porvenir de la construcción romana una influencia todavía más directa y poderosa. Hablamos de los reglamentos que utilizaba cada colegio para fijar los métodos del arte de construir y consagrar las enseñanzas del pasado. Éstos se ocupan de la observación de cuestiones de orden y disciplina, con los artículos referentes a la policía de la asociación, pero la «lex collegii» incluía también prescripciones técnicas, parecidas a los estatutos que prohibían a los miembros de los antiguos gremios de oficios el uso de métodos viciados o convertían en obligatorio el empleo de otros tradicionales. Estos estatutos eran documentos internos del colegio a los que sin duda jamás se les dio una completa publicidad, por ello aunque resulta fácil constatar su existencia describirlos en detalle no lo es tanto. Los que mejor se conocen son los pertenecientes al colegio de los «fullones»; Plinio los reproduce en su conjunto y añade que fueron sometidos a sanción popular y votados como las leyes del Estado. Aparentemente, esto no constituía un hecho aislado. Podemos legítimamente admitir que existían en Roma reglamentos

relativos a los métodos de construcción. Sabemos que los romanos fijaban por ley el tratamiento de los tejidos, y sabemos también por el testimonio de Frontino que una ley fijaba las estaciones en las que podían ser ejecutados los hormigones, así como los períodos en que la ejecución debía suspenderse por considerarse que ésta no podía tener éxito.[28]

En resumidas cuentas, este panorama nos ofrece una sorprendente similitud de instituciones y costumbres entre la estructura de los colegios romanos y la de las corporaciones medievales; casi podría decirse que éstas últimas son la réplica y continuación de aquéllos, si nos olvidamos del empleo de esclavos. Los colegios tenían a sus órdenes, a veces incluso como miembros del mismo, a un número elevado de esclavos cuya cooperación los antiguos utilizaban profusamente y que posiblemente contribuían a hacer viables las penosas operaciones que eran inherentes a la construcción romana.

Pero la diferencia entre los esclavos y los hombres libres dentro de los colegios no debía ser excesiva; quizá las corporaciones de obreros constructores la marcaban más, pero en otros colegios se atenuaba. Por un privilegio frecuente dentro de la sociedad romana, los esclavos o extranjeros afiliados a los colegios trabajaban como el resto a las órdenes de hombres libres o de ciudadanos romanos. Además, en ciertos reglamentos de régimen interior de las corporaciones que nos han llegado a través de inscripciones, se observa sorprendentemente cómo parecía reinar entre ambas clases sociales, tan profundamente distintas, una perfecta igualdad.[29]

La institución de los colegios, tal y como parece resultar de esta exposición sumaria, tendría notables repercusiones en la homogeneización y estabilidad de los métodos constructivos.

En primer lugar, aseguraban a las obras públicas una ejecución regular que, sin embargo, no admitía bien los cambios o innovaciones. En efecto, cualquier organización en la que la reglamentación detallada se sitúe entre el agente y el objetivo perseguido conduce rápidamente hacia fórmulas o tipologías consagradas excelentes, pero invariables. Esto llegó a ocurrir en la construcción romana. Su momento de constitución coincide con el de una transformación general de las antiguas instituciones, pero el período formativo dura poco y, paulatinamente, los métodos se consolidan. Como ya se dijo anteriormente, estos métodos permanecen sin variación durante casi cuatro siglos, desde el reinado de Augusto hasta el desplazamiento definitivo de la sede del Imperio a Constantinopla.

En segundo lugar, unas corporaciones que se reclutaban hereditariamente, que se administraban a sí mismas y que cubrían circunscripciones territoriales más o menos reducidas, tendían a ensimismarse y a intentar diferenciarse rápidamente unas de otras creando sus propios procedimientos. Así, dos colegios que en municipios distintos llevaran el mismo nombre eran realmente dos asociaciones, separadas perfectamente una de otra, con sus propias tradiciones. Por tanto, es normal encontrar ciertas diferencias de detalle en los métodos aplicados en las distintas ciudades.[30]

Pero a pesar de los matices, lo que domina el conjunto de los métodos de construcción es una uniformidad inspirada en el ejemplo de la propia Roma y favorecida por el control técnico que ejercían los agentes de la administración central sobre las obras ejecutadas por las corporaciones de provincias. Los emperadores nombraban para las construcciones de las provincias a un curator, quien con atribuciones, más o menos variables, o más o menos definidas a lo largo del tiempo, representaba y personificaba la intervención del emperador. No todos los trabajos de utilidad pública tendrían su propio curator, pero sí un gran número de empresas y es probable que este control del poder central tuviera su influencia en el establecimiento de métodos comunes en las diversas provincias. Esto resultó especialmente cierto durante la época de Adriano.[31] Posteriormente el curator fue perdiendo el carácter de agente de los emperadores para convertirse en un simple magistrado municipal. Finalmente, en los últimos años del Imperio, derivó en una de aquellas figuras o dignidades impuestas a la población acomodada de las ciudades, y cuya simple exención se apreciaba como un beneficio debido a la generosidad del príncipe.

Además de éste, existía otro factor que tendía a establecer dentro del imperio romano una uniformidad de métodos: el concurso de las legiones en las empresas de utilidad pública. Las tropas romanas se empleaban regularmente en los trabajos de construcción y en la erección, bien solas o coordinadas con las corporaciones obreras, de los monumentos municipales. Vegecio insiste sobre la organización de ciertos cuerpos específicos: «La legión, dice, incluye a carpinteros, albañiles, carreteros, pintores, etc.» Existía asimismo una ley que permitía ocupar a estos soldados en trabajos públicos, pero prohibía su empleo en construcciones privadas. Otra disposición legal autorizaba a los procónsules, en caso de necesidad, a poner a las tropas al servicio del «curator operum» para la construcción de templos y

otros edificios públicos: «Debe...si fuera preciso, dejar personal militar para ayudar a los encargados.»[32] Por otra parte, los textos epigráficos nos muestran no sólo a las legiones colaborando en la construcción de edificios públicos, sino ocupadas incluso en la extracción de piedra o en la fabricación del ladrillo destinado a las obras de provincias. Así ocurre en el *Registro de Inscripciones del Rin*, donde están recopiladas las marcas de ladrillos con las que se indicaba el cuerpo de tropas que los fabricaba: unas veces una simple cifra de la legión o de la «vexillatio» bastan, otras puede leerse el nombre de los obreros (figuli) o de los jefes de los obreros militares (magistri figulorum) que trabajaron en su preparación.[33]

El número de monumentos construido por las tropas romanas es considerable, pues los romanos tenían por principio que las tropas no debían bajo ningún concepto permanecer desocupadas y una forma de apartarlas de la perjudicial ociosidad era emplearlas en las obras de construcción. Así, es frecuente que los trabajos que ejecutaban fuesen considerados superfluos por los escritores romanos. Que Vitelio hiciese levantar a sus soldados anfiteatros en las ciudades de Bolonia y Cremona, tenía más que ver —según cuenta Tácito— con despreocuparse momentáneamente del carácter turbulento de sus legiones que con dotar a estas dos ciudades de monumentos de utilidad. Volvemos a encontrar a soldados romanos construyendo anfiteatros en África; murallas defensivas en Bretaña; en Egipto, tumbas, puentes, templos, pórticos o basílicas; y en Italia, también se les ve trabajando en la ejecución de las grandes calzadas.[34] En casi todas partes, la mención a sus trabajos se acompaña por la curiosa observación de «que los monumentos fueron construidos para ocupar sus ocios».

No solamente los soldados se transformaban en obreros de la construcción. La simplicidad de los procedimientos condujo incluso a la utilización de presos o condenados de baja extracción popular. La condena a trabajos forzados era una de las penas legales que se cita en las *Sentencias* de Paulo, y también puede leerse en cada página de la legislación teodosiana. Se les obligaba sobre todo a la tarea de extracción de materiales para las obras públicas. Fueron presos y, particularmente, presos cristianos los que aportaron, según se dice, la piedra y la arena para las termas de Diocleciano. Bastante antes, con Nerón, todos los prisioneros del Imperio habían trabajado de algún modo en la excavación del canal del Averno, así como en los trabajos del colosal conjunto palaciego conocido como Domus Aurea: «Para acabarlos, cuenta Suetonio, todos los que se encontraban en las prisiones del Estado fue-

ron conducidos a Roma por orden del emperador y no dejó condenar a los convictos de crímenes a otras penas que no fueran las de los trabajos públicos.»[35]

Tributos en especie y en trabajo

Los romanos fueron más allá incluso, y no contentos con incorporar, junto a los obreros normales, a prisioneros y soldados, hicieron que ciudadanos libres y gentes de muy variada procedencia también aportasen materiales o su esfuerzo personal. Este curioso sistema de obligaciones se desarrolló sobre todo hacia el siglo III con la implantación progresiva del poder absoluto, perpetuándose bajo distintas denominaciones hasta mucho tiempo después de la caída del Imperio. Para contemplar la cuestión desde un punto de vista verosímil es necesario, sin embargo, remontarse más atrás.

La idea de los impuestos en Roma era absolutamente diferente de la que tienen las naciones modernas. El pueblo se dividía en dos partes completamente diferenciadas: por un lado se encontraba la población urbana, descendiente de las antiguas colonias romanas y, por tanto, de la misma estirpe de los conquistadores, que disfrutaba en su práctica totalidad del derecho de ciudadanía y gozaba de libertades y privilegios. Por otra, se encontraba la población tributaria, descendiente de los indígenas, a la que se obligaba a trabajar para satisfacer las necesidades del resto de los habitantes del Imperio y gravada con impuestos que no sólo cubrían los gastos de la administración general, sino que contribuían al mismo tiempo y sobre todo, al lujo y a la subsistencia de las grandes ciudades. Sólo ya este hecho establecería una sustancial diferencia entre la economía social de los romanos y la de los pueblos modernos, pero la diferencia no estriba sólo en el destino que se daba a los impuestos, sino en cómo se nutría el tesoro público, el modo de percepción usado en la antigüedad.

Estas contribuciones, que suponían para los pueblos sometidos a tributos la perpetuación de los efectos y el recuerdo de la conquista, hubieran podido recaudarlas los conquistadores (como hoy en día) en dinero, y obtener después, a través del comercio, los bienes requeridos. Sin embargo, los romanos consideraron en este caso que la mediación del dinero era una complicación inútil. En su lugar y suprimiendo cualquier tipo de intermediación, prefirieron percibir la deuda de las provincias en forma de bienes directamente utilizables. Una parte de los impues-

tos se pagaba en especie y no en metálico, siendo los que se encargaban del aprovisionamiento de Roma, en la mayoría de los casos, los propios recaudadores de estos singulares impuestos.[36]

Los materiales de construcción se encontraban entre los productos que los romanos percibían como tributos. Los curiales de Etruria, por ejemplo, pagaban anualmente a Roma novecientos carros de cal; la ciudad de Terracina estaba sometida a un impuesto de la misma clase que se destinaba exclusivamente a las obras públicas, faros, puertos, etc. Mientras determinada región proveía a Roma de grava para construir, otra le proporcionaba como contribución ladrillos, materiales que se detraían de la propia producción de las fábricas. También había provincias (entre otras Brucio y Calabria) que como pago reclutaban una parte de las tropas, o que como en Egipto y Sicilia daban una parte del trigo, y así sucesivamente. Por otra parte, una reglamentación estricta impedía aceptar, en lugar de los materiales, su equivalente en dinero garantizando así a las obras del Estado un aprovisionamiento cuyo único límite era el que se marcase la propia moderación del pueblo romano.[37]

De esta forma, mediante impuestos en especie, los terratenientes contribuían a la construcción de edificios públicos. Pero al pueblo llano la carencia casi absoluta de propiedades les impedía pagar los impuestos, bien fuera en dinero o en especie, y tenía que contribuir mediante tributos del trabajo, esto es, prestaciones personales obligatorias.

Este tipo de prestación desempeña un papel importante en los trabajos públicos en los últimos siglos del Imperio. Los romanos la designaban despectivamente con el nombre de «sordida munera», y entre dichas prestaciones se encontraba la de la preparación de la cal destinada a las necesidades del Estado, así como el concurso personal «a la construcción de los monumentos públicos, de los edificios sagrados y de las grandes calzadas del Imperio».[38] Los sujetos sometidos a prestación personal eran, en principio, exclusión hecha de los agentes de la administración y los dignatarios del ejército y de la Iglesia, todos los habitantes del Imperio.[39] Pero las excepciones debían ser de hecho bastante frecuentes y aunque esto no pueda asegurarse, es probable que la autoridad romana dispensara de esta clase de trabajos a la población de las grandes ciudades, prefiriendo asegurarle el aprovisionamiento y la diversión, en lugar de imponerle contribuciones onerosas o servicios.

Sería interesante saber cómo se establecían estas prestaciones, qué recursos cabían contra su aplicación y qué leyes podían determinar su alcance y moderar su rigor. Pero de manera difícilmente explicable, el *Código* trata estas importantes cuestiones con enorme vaguedad.[40] Entre las más de veinte constituciones que se refieren a los «sordida munera» no hay ninguna que defina los derechos y obligaciones de los sujetos a esta penosa carga. También es característico cómo se preocupan de detallar las excepciones y se desentienden sin embargo de precisar el alcance de las servidumbres que tales cargas imponen. Hasta en este silencio de las leyes se traduce el espíritu despótico de este régimen, basado sin fisuras sobre las ideas de excepción y privilegio. Las lagunas legislativas no podían sino abrir un campo ilimitado a la arbitrariedad y a las medidas de opresión de un régimen cuyo recurrente uso de las prestaciones personales obligatorias ignora sorprendentemente toda idea de equidad en la distribución de las cargas públicas, pues las imposiciones en trabajo personal alcanzaban sólo a aquellos sujetos contribuyentes que se encontrasen casualmente en la cercanía de las obras. Pero los emperadores se detenían escasamente en disquisiciones de principio, a la hora de hacer recaer este impuesto sobre una clase del pueblo a la que siglos de sumisión habían reducido a la condición de un mero instrumento pasivo entre sus manos. Consideraban que las levas masivas constituían un método seguro y expeditivo sin más, que sería utilizado sobre todo en los tiempos despóticos que precedieron al desmembramiento del mundo romano. Con ellas pudo Diocleciano realizar, en pocos años, el embellecimiento de Nicomedia, de la que quería hacer una segunda capital del Imperio, como rival de la antigua Roma. Varias basílicas, palacios, un circo, una fábrica de moneda y un arsenal se construyeron en la nueva ciudad utilizando tan sólo la mano de obra de la comarca, que tuvo a su vez que transportar a su costa los materiales, suministrar los aparejos de construcción y ceder incluso al Emperador el lugar que ocupaban sus casas. Estas requisas, de las que Lactancio nos ha dejado un vigoroso fresco,[41] se consideraban tan poco excepcionales por los romanos, que puede verse a uno de sus historiadores elogiando a Vespasiano por haber construido en provincias, «sin arrancar a los labradores de sus campos».[42] Toda la antigüedad romana queda reflejada en esta frase, que se hace aún más característica al pensar que coincide con los siglos más prósperos de Roma, con sus mejores príncipes en el gobierno del Imperio.

En resumidas cuentas, Roma contaba con dos fuentes de mano de obra, la po-

blación tributaria, sometida a prestaciones forzosas, y los obreros especializados de las corporaciones locales. Imposición y corporaciones fueron las dos herramientas de trabajo que concurrieron en la ejecución de los monumentos cuyas ruinas admiramos; con ambas se establecía una alianza entre la fuerza bruta del número y la de las tradiciones, capaz de acometer las más colosales empresas imperiales. Pero su existencia se basaba en una organización artificial de la sociedad, que agotaría rápidamente sus recursos y que, finalmente, llevaría al Imperio a tener que arrostrar las funestas consecuencias propias de un sistema económico basado en el menoscabo de los derechos individuales y las libertades privadas de sus habitantes. Los campos soportaron durante tres siglos las leyes onerosas que les obligaban a construir para las ciudades edificios de los que no iban a disfrutar; las pequeñas ciudades incluso cargaron con la obligación de participar en los gastos de las ciudades grandes.[43] Finalmente, incapaces de aguantar por más tiempo las exigencias de la tiranía imperial, pudo verse cómo en las Galias los campesinos aprovecharon la relajación de los vínculos que aún les unían al Imperio, para armarse contra él, dejando de ser sus auxiliares para convertirse en sus enemigos. A su vez, los colegios entraron en un período de declive. Sus miembros, arruinados por un régimen de estatutos y tarifas que les privaba legalmente de una parte de la retribución debida a sus servicios, buscaron asilo fuera de las ciudades refugiándose en el campo como colonos. En ocasiones, incluso salieron fuera de las fronteras del Imperio, buscando encontrar entre los pueblos bárbaros una vida mas cómoda y libre. Fue ésta la señal de abandono de los viejos métodos, que empezaron a declinar en medio del aumento de la miseria pública, hasta caer definitivamente con la desaparición de las corporaciones depositarias de sus secretos. Aunque hubo intentos de evitarlo, las primeras leyes que se oponen a la desaparición de los colegios para paliar el daño y revivir en el arte los métodos tradicionales corresponden a los sucesores inmediatos de Constantino. La caída era irremediable, la cadena de las tradiciones y la arquitectura ya no existía más que en los recuerdos del pasado y en los monumentos del antiguo esplendor romano.

Trazado el cuadro de los hechos constructivos y las instituciones que los explican no hace falta indicar las diferencias existentes entre los métodos de la arquitectura del Imperio y los que convienen a las naciones modernas; lo que separa ambas civilizaciones. Cuanto mejor comprendemos lo que los procedimientos antiguos en el arte de construir tienen de respuesta a las exigencias de la civilización

romana, tanto más fácilmente se perciben las razones que ahora nos impiden utilizarlos, o al menos las restricciones que deben modificar su forma o limitar su uso. Estas construcciones gigantescas, en las que la simplicidad de ejecución se ve compensada por un incremento, a veces enorme, de trabajo, pertenecen por derecho propio a los tiempos de la esclavitud y de la imposición forzada. Hoy día la emancipación de las clases trabajadoras, mediante la fijación de un precio a cambio de un servicio, obliga al constructor a contar inexcusablemente con las dificultades materiales y a sopesar cuidadosamente el ahorro de tiempo y de esfuerzos. Los métodos romanos sólo son posibles dentro del marco de un gran imperio, en el que las fuerzas se concentran bajo un gobierno absoluto. Los mismos romanos, cuando construían privadamente, o cuando tenían que pagar a la mano de obra (bien pagando a los colegiales, o bien comprando esclavos) fueron los primeros en renunciar al lujo de la solidez. Las ruinas de Pompeya y los vestigios de villas que salpicaban la campiña romana confirman este hecho con su construcción básicamente ligera, mucho más parecida a los monumentos del Bajo Imperio (y, vagamente, a la estructura de las basílicas paleocristianas), que a las obras oficiales coetáneas. Otra diferencia radical es la del pobre concurso que puede esperarse de un grupo de esclavos, por oposición al de uno de obreros libres, que trabajan de acuerdo con una profesión personalmente escogida. Al dejar un espacio mayor a la iniciativa propia de cada artesano la inteligencia se desarrolla a la vez que las condiciones mejoran, pudiéndose emplear menos esfuerzo físico, mediante el uso de combinaciones ingeniosas. Pero también existen otras consideraciones que igualmente nos fuerzan a dotar a nuestras construcciones de un nuevo aspecto y a nuestra arquitectura de métodos completamente diferentes.

Hay, efectivamente, dos filosofías de construir que se corresponden con dos estados de sociedad muy diferentes: o bien se levantan los monumentos y se «olvidan» esperando que su solidez los proteja secularmente de las causas de deterioro, o bien se aceptan las obligaciones de mantenimiento y se construyen unos edificios cuya existencia debe de ser prolongada diariamente y cuya conservación representa una carga constante. Es este último sistema el que tiende a prevalecer en las sociedades modernas, que atentas a las necesidades de la industria prefieren reservar para empresas productivas parte de los recursos que los romanos destinaban a los monumentos del Imperio. Que la suma economizada sobrepase los gastos de mantenimiento y reconstrucción, se considera un acrecentamiento de la ri-

queza pública. Difícilmente los romanos hubieran podido hacer un cálculo de este tipo, tal y como estaban acostumbrados a vivir del trabajo y de los tributos de los pueblos a los que sometían. Su interés principal era que los esfuerzos de todos los pueblos a los que la conquista había convertido en esclavos concurriesen en la construcción, una forma muy apropiada de asegurar la solidez a sus obras, pero que hoy día sería erróneo plantear. Nuestros edificios tendrán sólo una existencia breve y pocos nos sobrevivirán a duras penas. Pero, ¿resulta seguro que las necesidades que hoy satisfacen, vayan a seguir existiendo después de nosotros? ¿Qué importa que estos frágiles edificios se arruinen, si con lo ahorrado al construirlos podrán las siguientes generaciones sustituirlos por otros más adecuados a las conveniencias del momento? Transformarse sin cesar es, en una palabra, y sin duda, la condición de la arquitectura moderna. El dinamismo de nuestra sociedad implica una serie de cambios que sería inútil prever y cuyo término resulta igualmente difícil de establecer. Pero cualquiera que sean sus variaciones, nuestra arquitectura está ligada al pasado por vínculos inevitables que se remontan, bien a nuestro pesar, a las tradiciones de la antigua Roma. Por ello todavía y durante mucho tiempo, nos hará falta seguir indagando el origen de sus métodos y desvelando su secreto.

Notas

Auguste Choisy: vida y obra

1. En esto se equivocó la necrológica de *The Builder*, y con ella Reyner Banham y Robin Middleton, pues hemos de confiar más en Dartein y D'Ocagne, que le conocieron personalmente y afirman que en su juventud era un buen mozo.
2. R.Willis, «On the construction of the vaults of middle ages», *Transactions of the R.I.B.A.* 1, 2ª parte (1842; reimp. 1910).
3. «M.Choisy's Reply», *Journal of the Royal Institute of British Architects* 11, nº 16 (1904): 451–452.
4. Jules Maillard de la Gournerie (1814–83), aunque crítico del creador de la geometría descriptiva, Gaspard Monge, ocuparía su cátedra. Sucedió a Leroy en 1848 y permaneció en la École Polytechnique hasta 1863. Choisy estudiará allí desde el 1 de noviembre de 1861 hasta la misma fecha de 1863.
5. Se ha mencionado esta posibilidad en Yves-Alain Bois, «Metamorphoses of axonometry», *Daidalos* 1 (1981): 41–59. Bois afirma aquí que De la Gournerie detestaba la ambigüedad de lectura espacial de las axonometrías, y por eso recomendaba el añadido de la sombra; esto es cierto, porque no cabe esperar que nadie entonces apreciara un valor estético en esa ambigüedad, como después ocurriría. Pero Bois se equivoca al afirmar que sigue este criterio por admiración a Gaspard Monge: precisamente De la Gournerie fue uno de los primeros críticos de la obra de Monge, y ha sido llamado incluso «antimongiano» (Gino Loria, *Storia della geometria descrittiva*. Milán: Hoepli, 1921, 243). De hecho es más bien la reivindicación de la caballera, desatendida por la escuela de Monge, una de las razones que mueven a De la Gournerie. La probable relación con Choisy también ha sido apuntada en Miguel Á. Alonso, «La axonometría o el espejismo científico de la realidad», Madrid, 1992, tesis doctoral, nota 1 al epílogo.
6. Robin Middleton, «August Choisy, Historian: 1841–1909», *International Architect* 1, nº 5 (1981): 37–40, y del mismo autor, «Viollet-le-Duc et sa posteriorité architecturale», en *Viollet-le-Duc*, catálogo de la exposición celebrada en el Grand Palais en 1980 (París: Éd. de la Réunion des musées nat., 1980).

7. Maurice D'Ocagne, «Auguste Choisy et l'art de bâtir chez les anciennes», en *Hommes et choses de science* (París: Vuibert, 1930), 182.
8. M. D'Ocagne, «Auguste Choisy», 199.
9. Así lo expresa J. Darcel, «L'art de bâtir chez les byzantins, par A. Choisy», *Annales des Ponts et Chausées*, 8 (1884): 258–259.
10. M. D'Ocagne, «Auguste Choisy», 208.
11. G. Aitchison, entre los discursos pronunciados con motivo de la concesión de la Medalla de Oro del R.I.B.A. a A. Choisy, *Journal of the R.I.B.A.*, 11, nº 16 (1903–1904): 452.
12. J. P. Adam, *La construction romaine, matériaux et techniques* (París: Picard, 1984), nota 25 del capítulo 6. Existe una reciente traducción al español: *La construcción romana, materiales y técnicas* (León: Editorial los Oficios, 1996).
13. E. Viollet-le-Duc, artículo «Voûte» de su *Dictionnaire raisonnée de l'Architecture française*, 9:479.
14. La nota a la figura 80 menciona el «reciente» trabajo de Viollet, a propósito de la construcción de bóvedas de cañón de sillería por sucesión de arcos sin trabar. No menciona, sin embargo, la diferente interpretación que Viollet hace de los dibujos de Piranesi que muestran la estructura interna del Panteón.
15. R. Middleton, «Auguste Choisy», 38.
16. Esta diferencia se pone en cuestión en J. Heyman, «Construcción "gótica" en la antigua Grecia», en *Estructuras de fábrica* (Madrid: Juan de Herrera/CEHOPU, 1995), 129–140.
17. A. Choisy, *Histoire de l'architecture* (París: Gauthier-Villars, 1899), II, 403.
18. «Les monastères, effacés dans les contrées où pénètre la Réforme, prennent au contraire en Espagne l'aspect de somptueux palais (Escurial, etc.).», *Histoire*..., II, 725.
19. A. Choisy, *Histoire*, 274.
20. Aunque también sería la primera en utilizar el hierro para la armadura de la cubierta.
21. El proyecto para una Sainte-Clotilde neogótica sufrió las reticencias del obispado; fue comenzada por François-Christian Gau y terminada por Théodore Ballu, en piedra dura de Borgoña, pero con bóvedas de ladrillo. Ver R. Middleton, «Viollet-le-Duc et sa posteriorité», 373.
22. Para la redacción solía utilizar el gabinete del que disponía en la École des Ponts et Chaussées. M. D'Ocagne, «Auguste Choisy», 192.
23. Así al menos lo supone Reyner Banham, *Teoría y diseño arquitectónico en la era de la máquina* (Buenos Aires: Nueva Visión, 1965) [*Theory and Design in the First Machine Age* (Londres: The Architectural Press), 1960.]
24. Y que ya se había adelantado en aquella juvenil *Note sur la courbure dissymétrique*...
25. R. Giurgola y J. Mehta, *Louis I. Kahn* (Barcelona: G. Gili, 1976), 175.
26. F. de Dartein, «L'Art de bâtir chez les Egyptiens. Compte Rendu», *Annales des Ponts et Chausées*, 1 (1904): 268.
27. La lámina XIII representa los ejes de una caballera-militar de las que llamamos egipcias o de Hejduk.
28. Jean Royer, «A propos des notes de voyage et carnets de croquis d'Auguste Choisy», *Académie de Beaux-Arts* (1959–60): 53–59. Se pueden ver axonometrías y secciones, y alguna perspectiva, rodeadas de notas.
29. E. Lefèbre-Pontalis, «Necrologie. August Choisy», *Bulletin monumental* 73 (1909): 356–357, afirma que su modo de represetar «es completamente nuevo».

30. En los grabados del «On the construction...» hay pequeñas desviaciones. En cualquier caso se especifica que se trata de «vistas isométricas».
31. Jules de la Gournerie, *Traité de géométrie descriptive* (París: Mallet-Bachelier, 1860–64). Dividido en tres partes, la primera (1860) contiene ya las axonometrías. Su antecesor en la École Polytechnique, Théodore Olivier, expuso en su *Cours de géométrie descriptive* (París: Carilian-Goeury, 1843) los fundamentos de la perspectiva caballera añadiendo la isométrica de Farish en la segunda edición (1852). Aunque no dice nada nuevo, es curioso anotar que Olivier ya contempla la posibilidad de construir el dibujo con direcciones y escalas que no garanticen que se trate de una proyección, pero que permitan representar. De la Gournerie desarrolló el sistema al nivel de los estudios italianos y alemanes, exponiendo los casos de axonometría ortogonal dimétrica y trimétrica. La palabra axonometría se había utilizado por primera vez en 1852, en un texto del alemán M. H. Meyer, según afirma Gino Loria, *Storia della geometria descrittiva* (Milán: Hoepli, 1921), 415.
32. La demostración del llamado teorema de Pohlke es tan compleja que ocupó a importantes geómetras precisamente alrededor de 1860. Pohlke enuncia el teorema en 1858: «Tres segmentos concurrentes del plano pueden ser considerados siempre como la proyección cilíndrica de las tres aristas de un cubo», pero mientras intenta demostrarlo se le adelanta la demostración de H. Schwarz de 1863; las mejoras y matizaciones continuarán hasta 1904. En su momento fue una cuestión relativamente importante, no por sus repercusiones prácticas, sino porque legitimaría este modo de hacer, y conseguiría incluirlo en el árbol general de la proyectividad y los sistemas de representación, que entonces preocupaba a los teóricos. Ver Gino Loria, *Storia della geometria descrittiva*, 429 y ss.
33. J. Pillet, *Traité de perspective linéaire* (París: Libraire Ch. Delagrave, 1888; 1ª ed. en 1885), 134: «M. Choisy recommande de choisir les trois axes OX, OY et OZ, de manière à se rapprocher, autant que possible, de la projection isometrique; cependant, dans la plupart des cas, l'effet produit est meilleur lorsque les trois axes ne sont pas rigoureusement inclinés à 120º les uns sur les autres. Il y a toujours quelques tâtonements à faire dans le choix des axes pour que la figure se présente favorablement. Quant aux échelles, il recommande de les prendre égales entre ellas, même si la perspective est axonométrique et non isométrique.»
34. En general, los autores franceses encuentran más natural su perspectiva caballera, y los ingleses prefieren el aspecto de la isométrica. Como hemos comentado, estas preferencias se hacen notar aún hoy.
35. J. Pillet, *Traité de Perspective*, 131, nota, en la segunda edición (1888).
36. Pero probablemente Antonio Rovira, aunque al tanto de la obra de Viollet y de Willis, y autor de textos sobre la estereotomía de la piedra, la madera y el hierro, estaba interesado sólo por el Choisy de las imágenes. Conociendo el estilo literario de Rovira, para un lector moderno insoportablemente retórico, podemos sospechar que también en él ejerció más especial atracción el aspecto gráfico de la obra de Choisy.
37. Los dibujos de Theo van Doesburg y Cornelius von Eesteren para la exposición del grupo De Stijl en la Galería de l'Effort Moderne de París, en octubre y noviembre de 1923. Véase Yves-Alain Bois, «Metamorphoses of axonometry», *Daidalos* 1 (1981): 41–59.
38. Siempre con la proyección del rayo de luz en dirección vertical, cuando se trata de axonometrías.
39. En algunas de las axonometrías seccionadas de la *Histoire*, observando discordancias en el rayado se diría que tuvo dudas sobre la manera de terminar el dibujo de la cubierta, un gran

espacio que no podía definir, porque no conocía con precisión su interior, y que quizá tampoco deseaba representar como un macizo cortado.

40. Le Corbusier tomará uno de estos dibujos que desarrollan un recorrido, una *promenade architecturale*.
41. En su *Traité de Perspective* es éste prácticamente el tema central, y lo desarrolla muy cuidadosamente en sus aspectos histórico y geométrico. J. de la Gournerie, *Traité de Perspective Linéaire* (París: Gauthier-Villars, 1858).
42. Así lo dice Ernest Lebon en la nota biográfica que se añade en la tercera edición del *Traité de Perspective* de J. de la Gournerie (1898).
43. E. Gombrich, «El espejo y el mapa: teorías de la representación pictórica», en *La imagen y el ojo* (Madrid: Alianza, 1987).
44. R. Middleton, «Auguste Choisy», 41.
45. Jean Perelin, le Viator, *De artificialis perspectiva* (Toul: s.e., 1505).
46. Participó muy activamente en las Exposiciones Universales de 1889 y 1900, aunque también en la de 1878, colaborando con F. de Dartein. Y en ésta presentó J. de la Gournerie una interesante maqueta para determinar el empuje de los arcos oblicuos.
47. La regla de cálculo moderna es un caso particular de nomograma, y aunque fundamentada en el logaritmo neperiano, fue desarrollada por Mannheim, sucesor de Jules de la Gournerie en la cátedra de geometría descriptiva de la École Polytechnique.
48. M. D'Ocagne, op.cit., que es el texto de una conferencia dada el 12 de Junio de 1929.

Capítulo 1

1. Vitr. 8.6.
2. Vitr. 2.8.
3. Varrón, *de Re rust.* 1.14.
4. Villa Adriana; muros radiales del Coliseo cerca de la arena.
5. Termas de Caracalla, basílica de Constantino, templo de Venus y Roma, termas de Diocleciano.
6. Vitr. 1.5.
7. Vitr. 2.8. [En el texto original Choisy cita por error el capítulo 7 en lugar del 8. N. de los E.]
8. Vitr. 4.4.

Capítulo 2

1. Sobre el sentido que debe darse al conjunto de las escalas, y sobre el modo convencional de representación adoptado, véase la nota que acompaña a las láminas al final del volumen.
2. Blondel, *Cours d'architecture*, vol. 6, cap. 2. [Choisy se refiere a Jacques François Blondel. N. de los E.]
3. Piranesi hizo valer personalmente esta prueba en favor de su testimonio: el dibujo que da del interior de la cúpula (fig. 49) la representa, dice, «tal como se vio cuando fue despojada de su antiguo revoco» (commme si vide quando fù spogliata dell' antica intonacatura).
4. Hoy destruida. Para los detalles relativos a esta bóveda ver la obra de Le Blant sobre las ins-

cripciones cristianas de las Galias (vol. 2, p. 125, inscr. nº 454); una piedra grabada, mezclada entre el relleno del núcleo interior, había dejado en la fábrica una huella característica del modo de construcción adoptado.

5. Estas bóvedas tienen una misión de descarga, es decir, sirven para trasladar el peso de las zonas altas hacia las zonas macizas de la base. Están rellenas casi totalmente de hormigón, pero está claro que se tuvieron que construir con cimbra para luego proceder al relleno interior. Utilizar como encofrado los rellenos interiores de una arquería como la del caso, supone equivocar el objetivo; se obtendría en apariencia un arco de descarga, pero en su lugar se levantaría en realidad un relleno continuo en el que las compresiones se propagarían verticalmente de arriba hacia abajo, como lo harían sin la presencia de arcos de ningún género.
6. «Sfungia, lapis creatus ex aqua, levis ac fistulosus et cameris aptus.» *Etimologías*, 19.11. [«La piedra pómez tiene su origen en el agua; es liviana, porosa y apropiada para los techos.» *Etimologías*, versión de José Oroz Reta y Manuel A. Marcos Casquero. Madrid: BAC, 1983, pp. 446–447. N. de los E.]
7. Puede pensarse, quizá, al ver las cerámicas embutidas en las fábricas antiguas, en aquellas vasijas de arcilla que servían, según Vitruvio, junto con vasijas metálicas, para aumentar la sonoridad de ciertas salas destinadas a asambleas numerosas. Esta analogía parece puramente fortuita. La necesidad de aumentar el volumen de la voz se comprende bastante bien en el caso de un teatro; pero en la construcción de tumbas como la torre Pignattara o en la de los monumentos construidos a lo largo de la vía a Praeneste, no intervenían para nada las condiciones acústicas. Por otro lado, Vitruvio no dice que los resonadores estuvieran empotrados en el interior de las fábricas de los teatros, sino que se disponían sencillamente sobre las gradas, de forma que desde ningún punto de vista parece consistente la citada analogía.
8. Véase, para la descripción de las bóvedas construidas con tubos huecos, la obra de Dartein sobre la Arquitectura Lombarda. Dartein, que ha tenido a bien el ceder aquí los resultados de sus propias investigaciones para ayudar a iluminar la cuestión del origen de las bóvedas de cerámica hueca, considera que el empleo de este sistema de construcción se remonta al menos al siglo IV y así lo ha constatado no sólo en San Vital de Rávena, sino también en el propio baptisterio de Rávena, edificio reformado y decorado por el arzobispo san Neón (425–430 d. C.) y en San Sátiro, capilla muy antigua situada cerca de San Ambrosio de Milán.
9. Frontino, *De Aquaed.* 126–127; *Código Teodosiano* 15.2.1; cf. Cassiod. *Variarum*, 2.39; 5.38; 7.6. Confróntense estas citas de los antiguos con las que menciona L. B. Alberti en el capítulo dieciséis del décimo libro de su tratado *De Re Aedificatoria*.
10. Se transcriben los términos de la inscripción: «... Albinus... cellam tepidariam inclinato omni pariete labent, de qua cellarum ruina pendebat erectorum a fundamentis arcuum duplici munitione fulcivit.» Orell. 3328. [«Fue apuntalada con arcos de refuerzo de doble espesor, levantados desde los cimientos, la estancia *tepidaria* de Albino, cuyas paredes estaban todas desplomadas amenazando con el hundimiento de las demás habitaciones.» Trad. de los E.]

Capítulo 3

1. En nuestra opinión, los prismas D pertenecientes a la cara inferior se han señalado por primera vez en las láminas, desgraciadamente escasas, de la magnífica obra sobre los monumentos antiguos de Sicilia comenzada por Hittorff.

2. Véase, para estos últimos ejemplos, la obra de Stuart y Revett sobre las antigüedades de Atenas y, a propósito de los fragmentos provenientes del viejo Partenón, el estudio de Penrose: *An Investigation on the Principles of Athenian Architecture.*
3. Existen casos en los que los tetones salientes sobre los muros de sillares fueron empleados sin duda como medios de elevación. Así son los que se observan, repartidos en el perímetro de las losas que servían de cubierta a los antiguos sarcófagos; cada uno de estos tetones era una especie de asa que servía para mover la piedra, y era tal la facilidad que estos salientes ofrecían para la tarea que, en algún caso, se juzgó útil el suprimirlas para no facilitar la violación de las sepulturas. Sin embargo, normalmente no se conservaban más que a título de testigos y ésa era su principal y, a veces, única función; esto es tan cierto que se observan estos tetones hasta en sillares con restos de orificios para tenazas.
4. Por ejemplo, en un pasaje de Plinio relativo a los dinteles y arquitrabes del templo de Éfeso (*Hist. Nat.* 36.21). El discurso de Plinio es muy oscuro. Lo que puede deducirse de él es, al menos, la existencia de un plano inclinado (mollis clivus) formado con sacos de arena. Se hacía subir el bloque del arquitrabe a lo largo de esta rampa, y después de haberlo elevado de este modo un poco por encima de sus apoyos, se dejaba escapar la arena lentamente, colocando el sillar en la posición definitiva que debía ocupar.
5. «Ferrei fortices quorum dentes in saxa forata accommodatur.» Vitr. 10.2.2. [«...tenazas de hierro, cuyos ganchos se adaptan a agujeros previamente ejecutados en las piedras.» Traducción de Agustín Blánquez en *Los diez libros de Arquitectura*, Barcelona: Editorial Iberia, 1980, p. 258. N. de los E.]
6. Aristóteles, *Mechan.* 19. En cuanto a los capítulos de Vitruvio dedicados a las grúas y máquinas elevadoras, basta con la traducción de Perrault para hacerse una idea lo suficientemente precisa. El comentario dista de ser satisfactorio, pero las figuras que lo acompañan devuelven con bastante fidelidad el sentido del texto, por lo que parece inútil aquí el plantear un nuevo intento de interpretación.
7. Este extremo puede verificarse consultando los dibujos que acompañan el trabajo de Aurès sobre las dimensiones del gran templo de Paestum. El ingeniero-jefe Aurès me facilitó este valioso documento antes de su publicación, y a él me he atenido en todas las ocasiones en que ha sido necesario el representar algunos detalles de arquitectura que se me habían pasado por alto, dentro de un estudio dirigido por otro orden de ideas.
8. En Egina no existe el problema del asiento a contralecho, se trata de una piedra caliza sin indicios aparentes de estratificación.
9. En las Arenas de Nimes se encuentra la misma tipología de arcadas sobre dinteles y, debemos confesarlo, resulta difícil afirmar que se haya tomado idéntica precaución. El material empleado en Nimes no presenta indicios de estratificación, pero en Arlés, donde la estratificación es muy visible, la precaución es evidente e incontestable.

Capítulo 4

1. Este curioso detalle representa el techo adovelado de la prisión Mamertina. En primer lugar se sentaron las hiladas que forman los salmeres (AB y CD), pero sin preocuparse de su paralelismo; luego se fueron añadiendo nuevas hiladas y, a la hora de rematar la bóveda en el centro de la construcción, se produjo entre las hiladas un ángulo agudo que se cerró recurriendo a soluciones desafortunadas.

2. Esta explicación está tomada de Viollet-le-Duc (*Dictionaire raisonné de l'architecture française*, vol. 9, p. 488). Antes de haber conocido el reciente trabajo donde esto se menciona, había imaginado que los constructores del Pont du Gard habrían utilizado la misma cimbra para sujetar sucesivamente los anillos A, B, C, de los que está compuesto cada arco. Esta hipótesis es difícilmente sostenible en este caso. Un único camón reducido a la anchura de un pequeño arco como el A, hubiera sido demasiado endeble para esa luz: habría tenido la suficiente rigidez y quizá hubiera pandeado. Pero, vista en sí misma, esta idea se ajusta bien al carácter de la arquitectura romana y es posible que pueda servir para bóvedas de menor luz construidas con el mismo aparejo.
3. Debo a la amabilidad del ingeniero-jefe Aurès la información sobre la construcción de esta bóveda. Quede claro que la figura 81 no es, de ninguna forma, una restitución de las cimbras originales; ignoramos totalmente si se disponían dos camones por nervio o si sólo se disponía uno. Lo que parece probable es que la cimbra carecía de forro de tablas y que las armaduras, como quiera que fueran, eran ligeras.
4. Véase Stuart y Revett, *Las antigüedades de Atenas*, vol. 4, cap. 1.
5. Sería de gran interés, desde el punto de vista del arte de construir, el conocer detalladamente esta serie de construcciones, obras de una escuela que se aproxima más a las orientales que a las de las regiones septentrionales del Imperio. Una amable comunicación me ha descubierto en estos monumentos, enlosados sustentados por medio de tímpanos sobre arcos perpiaños aislados, que parecen copiados de ciertas construcciones descubiertas en Siria; las mismas plantas de las tumbas recuerdan las de los hipogeos greco-romanos de Haurán. Pero para atenerme a los hechos que afectan específicamente al objeto de este estudio, me limito a señalar unos dinteles construidos como los del anfiteatro de Verona, bóvedas sin traba construidas por rodajas (lám. XVIII); en fin, indicios seguros de una forma de cimbrado que la tradición ha perpetuado hasta el día de hoy y que consistía en sustituir las cerchas de carpintería por muros temporales que sostienen el dovelaje con ayuda de fondillos aislados, bien de hierro o madera (ver en la lám. XIX, las huellas dejadas por estos fondillos en los muros piñones de una sala). Estos curiosos detalles, que H. Sauvestre ha tenido a bien autorizarme a exponer aquí precisándolos mediante dibujos, tendrán próximamente, espero, toda la publicidad que merecen.
6. Véase la obra de Vogüé sobre Siria central.
7. Procop. *De Bello gotthico*, 1.17.

Capítulo 5

1. Esta inscripción se conoce como «Lex puteoleana parieti faciundo». (Egger, *Latini serm. vetust. reliquiae* p. 248; *Corpus inscript. latin.* nº 577.)

   Una interpretación gráfica del texto fue dada por Piranesi (vol. 6, lám. 37) y una traducción inglesa se encuentra en el texto de Donaldson titulado *A collection of the most approved examples of doorways* (Londres: 1836). Las dos traducciones concuerdan y parecen exactas, al menos en conjunto. En cualquier caso, como algunas fuentes fidedignas —entre otras el *Corpus inscriptionum latinarum*— están en desacuerdo con este doble comentario, pensamos que resulta útil el reemprender la explicación, ciñéndonos por supuesto, a los pasajes relacionados con el arte de la construcción. Será ésta también la ocasión de rectificar

algunos ligeros errores que parecen haber pasado inadvertidos al traductor inglés y de restablecer en varios puntos la idea, velada por negligencias ortográficas y por las formas del latín, que difiere profundamente de la de los escritores clásicos. Se ha aprovechado, en este trabajo de revisión, las amables explicaciones de uno de los maestros más reconocidos del latín antiguo, el Sr. Egger.

«... La plaza situada más allá de la calle está separada por un muro: que en mitad de ese muro el contratista haga una puerta, que la haga de 6 pies de anchura y 7 de altura.

Que de este muro saque en saliente, del lado del mar, dos antas M, M, de 2 pies de anchura y un pie de espesor.

Por encima del hueco que ponga un dintel de roble A, de 8 pies de largo, anchura de 1 pie y $\frac{1}{4}$, y canto de $\frac{3}{4}$ de pie.

Sobre este dintel, y a plomo con las antas, que ponga en vuelo (pro-icito), dos ménsulas de roble B, de $\frac{2}{3}$ de pie de espesor, altura de 1 pie, con un saliente de 4 pies por cada lado y que en los extremos de estas ménsulas clave golas pintadas.

Sobre estas ménsulas, que ponga dos vigas pequeñas de abeto C, que midan $\frac{1}{2}$ pie en cada cara y que las fije con clavos.

Que haga un encabiado de abeto serrado con cabios de un grosor de $\frac{1}{3}$ de pie por cada cara, espaciados $\frac{3}{4}$ de pie como máximo y sujetando tablas de pino hechas con planchas de 1 pie de anchura.

Que en los extremos de los cabios aplique listones de abeto E, de $\frac{3}{4}$ de pie de anchura, grosor de 1 $\frac{1}{2}$ pulgadas y luego un cimacio, todo fijado con clavos embutidos.

Que cubra las dos aguas con tejas: seis filas de tejas por vertiente, con las tejas de la primera fila clavadas al listón E.

Que finalmente establezca encima de la puerta un cobertizo.

Que el mismo contratista haga, coloque, disponga el herraje y unte de pez dos puertas con ventanas, con montantes en roble verde, igual que se ha hecho para la puerta próxima al templo del Honor...

... Para el trabajo que debe hacerse en albañilería (quod opus structile fiet):

Que a la tierra (es decir, a la puzolana) añada $\frac{1}{4}$ de cal apagada;

Que no apareje con mampuesto más grueso que aquél que pese en seco (alusión a la práctica de mojar la piedra antes de su empleo) 15 libras, ni con piezas labradas más altas de 4 $\frac{1}{2}$ pulgadas.»

(Aquí la inscripción dice: «Nive majorem caementa struito quam..., nive angolaria altiorem...» Debe leerse como si la letra *m*, al final de las palabras majorem, altiorem, no existiera: se produce ahí una falta de ortografía frecuente en los textos epigráficos.)

«... Época final del trabajo: las próximas calendas de Noviembre...

... C. Blossius, contratista por 1500 sextercios.»

2. Después de haber establecido en términos inequívocos el disponer sobre las columnas, a modo de arquitrabe, un doble orden de vigas (trabes compactiles) que deben, dice, estar separadas por un intervalo de dos dedos para resistir mejor a la pudrición, Vitruvio continúa en estos términos:

«Sobre dichos maderos y sobre los muros que están encima volarán (pro-jiciantur) los modillones, cuyo saliente será igual a la cuarta parte de la altura de las columnas. Sobre las puntas de las vigas que hay en los frentes, será menester clavar unas tablas y sobre ellas levantar el frontón de albañilería o carpintería que habrá de sostener la parhilera (cantherii y columen) y

los cabrios (templa), dispuestos de modo que el antetejado responda a un tercio del techado propiamente dicho.» Vitr. 4.7. [Traducción de A. Blánquez, op. cit., p. 102. N. de los E.]

3. Palladio, ed. Venecia, libro 1, p. 19.
4. C. Texier, *Asia mineure*, láms. 176 y 201, respectivamente.
5. Vitr. 2.1.
6. En las carpinterías representadas en las figuras 87 y 88, los fondos son blancos, las maderas rojas y las molduras negras.
7. Vitr. 6.5.
8. Esta restitución concuerda exactamente con la que da Mazois en su obra sobre las ruinas de Pompeya (20 parte, lám. 3).
9. Es preciso reconocer que esta práctica, dominante en general, no fue nunca exclusiva. Los antiguos empleaban, con independencia de las tejas con grandes cobijas —cuyos fragmentos se reparten por nuestros museos— losas planas de cubierta, cuyo uso exige pendientes bastante mayores. Tenemos una copia esculpida del modelo en el techo cónico del mausoleo de Saint-Rémy; aparentemente representa el género de cubierta que Plinio designa con el nombre de «pavonaceum tegendi genus». (*Hist. Nat.* 36.44.) La cubierta teselada era por otra parte, muy usada entre los antiguos, y se empleaba sobre todo en las Galias; evidentemente, exigía pendientes más acusadas que las de los monumentos comunes de los romanos. (Ver Plinio, *Hist. Nat.* 16.10; cf. Vitr. 2.1.)
10. Para completar el repaso de los principales textos relativos a las armaduras antiguas de madera, debe citarse:

1º La nota que Vitruvio les dedica en el libro 4 de su tratado (cap. 2); pero esta nota, cuyo objeto es poner de manifiesto analogías entre la estructura de los edificios de madera y el orden de los templos dóricos, se presenta en términos tan imprecisos, que, hablando con propiedad, no tiene significación especial para la descripción de la carpintería antigua. No se podía pasar por alto, pero parece superfluo el traducirla aquí.

2º Una inscripción, comentada doblemente por O. F. Müller y Rangabé (*Ant. Hell.* 771), da las características de una cubierta a un agua que cubría las largas murallas del Pireo. Esta techumbre era de una extrema simplicidad y el interés de la descripción se reduce a añadir algunas palabras al vocabulario del arte de la carpintería griega.

3º Un texto más significativo trata del techo de la basílica de Fano (Vitr. 5.1). Viollet-le-Duc ha realizado en base a este pasaje una restitución que, vista en su conjunto, presenta las trazas esenciales de una armadura romana. En la basílica de Fano se cruzan dos cubiertas en ángulo recto y Vitruvio insiste particularmente en este encuentro. Así, se desprende de su descripción el hecho de que los antiguos simplificaban los encuentros entre armaduras con el mismo cuidado con que lo hacían eludiendo los cruces de bóvedas. Ninguna cercha diagonal o de nudos: uno de los entramados es continuo y las piezas del otro se articulan directamente con las del primero. Véase para los detalles de esta ingeniosa solución los *Entretiens sur l'Architecture* (vol. 5).

4º Citemos, por último, dos restituciones de carpinterías antiguas realizadas a partir de sus ruinas: la del odeón de Regillo, hecha por Tuckermann (*Das Odeum des Herodes Aticus in Athen*) y la del templo de Paestum, por Aurès (*Etúde sur les dimensions du grand temple de Paestum*); este último trabajo muestra un conocimiento exacto de las leyes armónicas que presidieron la elección de sus dimensiones, ejemplo de todo el partido que se puede sacar de la restitución de los monumentos.

11. Véase, especialmente, *L'Art de Bâtir* de Rondelet, libro 5, 1ª parte, y el *Traité d'Architecture* de Léonce Reynaud, 1ª parte, libro 3, cap. 1.

La carpintería de la antigua basílica de San Pedro, que tomamos como ejemplo, se conoce a través de una obra [de Carlo Fontana] cuyo título es, *Il Tempio Vaticano*, p. 99, y por un dibujo conservado en la iglesia de San Martín del Monte, en Roma. No es preciso, por otra parte, exagerar la antigüedad de esta armadura; aquí se cita como un tipo y no como un monumento auténtico. Todo el entramado de San Pedro fue rehecho en la época de Benedicto XII, a comienzos del siglo XIV, y no existe ninguna razón para pensar que esta armadura sea anterior. También hubiera podido traerse aquí a colación un ejemplo de la basílica de San Pablo, que ha subsistido hasta nuestros días, o también del antiguo interior de San Juan de Letrán, que conocemos gracias a las pinturas de San Martín del Monte, o incluso la techumbre de Santa María la Mayor, que data del siglo XV. Todos estos ejemplos hubieran dado lugar a idénticas observaciones y justificado las mismas conclusiones.

12. Véase a este respecto un curioso pasaje del comentario de Servio sobre la *Eneida* (1, 509).
13. Véase Filón de Bizancio (*Vet. Mathem.* p. 87), así como la interpretación gráfica del texto dada por Rochas en su traducción de Filón.
14. El Filipeo de Olimpia está descrito por Pausanias (*Elid.* 20). Véase sobre el templo de Minerva Calcidica, Pausan. *Lacon.* 17; sobre la basílica Ulpia, Pausan. *Elid.* 12; *Fóc.* 5 (?). Por último, para la «Cella Soliaria» de las termas de Caracalla, Espartian. 9.
15. «I travi puro di bronzo maestrevolmente fatti chiascheduno con tre grosse tavole da chiodi pur di bronzo connesse, si son veduti a nostro tempo, finché Urbano VIII, l'anno 1627, le levó, per farne all'altar maggiore della Chiesa di S. Pietro colonne, ed à Castel S. Angelo artiglerie, ponendovi in loro luogo travi di legno.» (Nardini, *Roma antica* 6.4.) [«Las admirables vigas de puro bronce, cada una de ellas construida con tres gruesas chapas conectadas por clavos también de bronce, se han podido ver hasta nuestros días, hasta que Urbano VIII, en 1627, las retiró para hacer con ellas columnas para el altar mayor de la iglesia de S. Pedro, y artillería en el Castel Sant'Angelo, colocando en su lugar vigas de madera.» Trad. de los E.]

He aquí ahora, otro texto de la misma época, que confirma y precisa esta indicación general: «In ejus porticus aereae tabulae fuerant crassitudine quadrantis, ita commissae, ut in fastigium ab epistyliis alatae, unam vero superne expansam duae in extrema ora utrinqe suppositae, alterique transversim conjunctae fixaeque trabalibus clavis, tigillorum tectique oneri recipiendo firmarent.» (Alexander Donatus. *De Urbe Roma*, lib. 3; en el *Thesaurus Ant. Rom.* de Graevius, vol. 3, p. 755.) [«En la techumbre de su pórtico había chapas de bronce con un espesor de la cuarta parte, dispuestas de modo que una se apoyaba sobre dos situadas por debajo en los laterales y separadas entre sí, y clavadas transversalmente; vigas que sostendrían el peso de la techumbre.» Trad. de los E.]

Una indicación dada por Scamozzi no es menos concluyente: «...Travi composti di tre tavole di buona larghezza e grossezza di bronzo; cioé due chi fanno i latti, ed una di sopra confitte insieme con pironi di metallo.» (*Architt. Univ.* 2ª parte, libro 8, cap. 19) [«...Vigas compuestas por tres chapas de bronce de bastante anchura y grosor; esto es, dos que constituyen los laterales y otra sobre ellas, unidas entre sí por pernos metálicos.» Trad. de los E.]

También puede consultarse sobre esta cuestión de la armadura de bronce del Panteón a Ficoroni, *Le Vestigie di Roma Antica*, p. 132. Éstas son las principales informaciones de las que disponemos; los Piranesi, cuya obra sobe el Panteón nos muestra tan interesantísimos detalles, no pudieron observar nada sobre su carpintería.

16. *Poliorcética de los Griegos*, editado por Wescher, p. 139, l. 5 y ss.

17. *Poliorc.* pp. 164 y ss. Las carreras dobles M son las διπλᾶζυγά del texto y las riostras N son los ἐπιζυγίδες. La pieza A que forma el alma del puntal de ángulo se designa con el nombre de μεσοστάτης, y las dos piezas adyacentes B con el de παραστάται. Por otra parte, el texto entero puede traducirse así:

«Cómo construir las torres de asalto.

Si tenemos que construir torres cercanas a los muros, las construiremos sobre ruedas, a una distancia apropiada para que los proyectiles no caigan sobre ellas y con maderas de pequeña escuadría, como sigue:

Se ensamblan dos piezas escuadradas y de caras desiguales, con la cara ancha de frente y la estrecha vuelta hacia abajo (travesaños M, fig. 92), y así se forman dos parejas, de longitud 16 pies, altura 1 $\frac{1}{2}$ pies y espesor 12 dedos. Si fuera necesario realizar una torre de más de 40 pies, habría que aumentar la longitud, altura y espesor.

Estas dos parejas de piezas dispuestas en cada elemento a una distancia de 12 dedos, y separadas por la parte superior aproximadamente 1 pie, reciben unas piezas verticales (A) que llegan hasta el suelo, de longitud 16 pies, espesor 12 dedos y anchura 1 $\frac{1}{2}$ pies. Estas piezas A, fijadas por llaves, cajas y abrazaderas (ver fig. 93) permanecen verticales.

A estos pies derechos que forman el alma de los montantes y que se disponen en número de cuatro, se les aplica en sus caras laterales otras piezas de la misma anchura, igual espesor y una altura de 9 pies (B), en total ocho piezas; estas piezas apoyadas sobre los travesaños inferiores, se unen a ellos por bridas, así como al alma A, de forma que las tres forman un montante único (BAB).

Se rematan las nuevas piezas con travesaños parecidos y paralelos a la pareja inferior de travesaños. (Aquí el texto parece que debiera estar puntuado de esta manera: ἐπιτίθεται...ζυγὰ...παράλληλα τοῖς κάτω δύο κ. δύο ἐπιτίθενται ὁμοίως, κ. τ. λ.) Igualmente, se atan los primeros travesaños —los de abajo— con dos barras de atado horizontales N.

Luego, contra los soportes, entre los travesaños, se disponen otras piezas cerrando el cuadrado y circunscribiendo la plataforma inferior, y se las fija con cajas y llaves de forma que los cuatro lados formen un sólo cuerpo. Las barras de atado N deben tener la misma longitud que los travesaños M, de forma que los montantes estén igualmente espaciados en todos los sentidos.

En el intervalo dejado entre los travesaños inferiores M, se ajustan ruedas más altas que los travesaños, que los sobrepasen por encima, de manera que puedan levantarse del suelo y hacer así rodar todo el sistema.

Igualmente, en las piezas superiores que recubren el alma de los pies derechos (en lugar de ζυγοῖς, leer ξύλοις) se adaptan travesaños y piezas de atado parecidos a los de abajo, con el fin de unir también por arriba la carpintería del primer piso de la torre.

Por otra parte, los travesaños y las barras de atado superiores deben tener una diferencia de 1 pie de longitud con los de abajo, a fin de que la construcción se realice en talud y no a plomo, no pueda oscilar por efecto de una sobrecarga y tenga un buen apoyo en la base.

A pesar de ello, deberán atarse cables en el extremo de los postes angulares, y tenderlos hacia el exterior en direcciones radiales de forma que puedan ofrecer a la torre de alguna manera una segunda base más ancha. Estos tirantes se amarrarán, bien a estacas provistas de clavijas, o a pilotes de hierro con anillos, que deberán disponerse oblicuos para resistir la tensión.

Hecho esto, se tendrá la primera pieza central de los postes A, sobrepasando el tercio de la altura de las piezas que la rodean. A su vez, esta pieza recibirá nuevos elementos añadidos que la sobrepasarán y cuya altura será de 9 pies. A la pieza central se superpondrá entonces otra pieza parecida sujeta por los maderos adyacentes, luego se colocarán nuevos travesaños, piezas de atado, y así sucesivamente en toda la altura de la construcción. Si la primera pieza A no ha sido tomada igual a las otras, es para que las juntas, en lugar de encontrarse se maten, y que el conjunto tome su resistencia del enlace de las piezas superpuestas. Por último, unas escaleras apoyadas contra las barras de atado atravesarán la torre de uno a otro lado y de este modo, con ayuda de pocas piezas y de pequeña escuadría, montadas unas sobre otras, se podrá levantar una torre tan alta como el muro mismo de la plaza.»

18. Herón de Alejandría, *Poliorcética*, l. 18, p. 226 y ss.; l. 5, p. 240. La espiga C, que el autor bizantino asimila a la extremidad de la bisagra de una puerta, es la περιτομίς del texto. La caja redondeada donde se aloja esta espiga se designa con el nombre de χελώνιον. Esta caja —obtenida evidentemente a base de taladro— se acababa en una concavidad hemisférica equiparable a una semiesfera hueca. Finalmente, una brida o tope como la D, que mantenía la separación de las piezas, lleva en el texto el nombre de κανὼν.
19. 1º Cajones de madera atados con ligaduras. Vitr. 5.12.
    2º Bóvedas encamonadas obtenidas con ayuda de un tablero curvado de rollizos, ligaduras, cañizo y estuco: Vitr. 7.3. Cf. Paladio, *De re rustica*, 1.13; Vitr. compend. cap. 21.
20. Se han realizado muchas críticas sobre la veracidad de Dion Casio (*Epit.* 68.13), según las cuales el puente esculpido en la columna Trajana no está copiado realmente del puente del Danubio; éste último, por lo que sostienen estas opiniones, estaría ejecutado en piedra. Desde nuestro punto de vista la cuestión es diferente; basta con que el puente de la columna Trajana sea la reproducción de un tipo romano. En cualquier caso, hay que resaltar que si se considera el puente del Danubio como una obra de madera, el relieve concuerda con el grabado de una medalla que se conserva en la Biblioteca Nacional de París, en la que se distinguen los tres arcos separados, así como los cepos que los unen. La medalla muestra estos cepos verticales, mientras que el relieve los hace converger radialmente: es la única diferencia notable entre ambas figuras.
21. Procop. *De Aedif.* 4.6.
22. Debo a Viollet-le-Duc el haberme advertido de este carácter localista de los métodos de la carpintería antigua.
23. Estrabón, ed. Cas, pp. 768 y 822.
24. Salustio, *Bellum Iugurthinum*, cap. 18.
25. Pausanias, *Arcadia*, cap. 10; Vitr. 2.1.
26. Para una representación esculpida de estas armaduras, véanse las obras de Texier y Fellows.

Capítulo 6

1. Esta sección procede de un dibujo de la puerta etrusca de Falerii, que L. Reynaud me ha facilitado. También se hubieran podido poner como ejemplo las arquivoltas de Perugia (lám. XX), de Narni (lám. XXI), de Spello, etc.
2. El hecho se apoya en numerosos textos conservados en las recopilaciones de legislación romana. Véase en particular, *Cód. Teod.* 15.1.19; 6.4.13, 29, 30 y *Cód. Justin.* 8.12.5. Podría

añadirse que un gran número de edificios públicos fueron fundados por magistrados «pro ludis», es decir, en contraprestación por fiestas o juegos que aquéllos debían ofrecer al pueblo. Las suntuosas prodigalidades impuestas por la costumbre o por las leyes a los ciudadanos que ostentaban cargos públicos se convertían así en trabajos útiles. Cuando se piensa en la corta duración de las principales magistraturas del Imperio resulta fácil comprender la celeridad exigida por esta clase de regalos. Véase Orell. *Inscript.* 3310, 2540 (?) y *Cód. Teod.* 6.4.29.

3. Véase entre otros, Serlio, lib. 4, p. 189 de la edición de Venecia.

Capítulo 7

1. Véase más arriba pp.149 y ss.
2. Véase con relación a la fecha real del edificio conocido como basílica de Constantino, W. A. Becker, *Handbuch der römischen Alterthümer*, 1ª parte, pp. 438 y ss.
3. En algunas provincias la ruptura de las tradiciones fue quizá menos brusca. Por ejemplo, en el norte de las Galias, todavía bajo Juliano, se construía con una grandeza que recuerda la de la antigua arquitectura romana. Las termas de París pueden datarse en esta fecha con bastante seguridad, y resulta incontestable la superioridad de este monumento con relación a los edificios coetáneos de Roma.
4. «Architectis quam plurimis opus est, sed quia non sunt...» *Cód. Teod.* 13.4.1. [La traducción del texto se basa en la versión inglesa realizada por Clyde Pharr en, *The Theodosian Code and novels and the sirmondian constitutions.* Princeton: Princeton University Press, 1952, p. 390. N de los E.]
5. He aquí algunas de ellas:

   1º Prohibición de comenzar edificios nuevos antes de acabar los edificios en construcción: *Cód. Teod.*15.1.3, 11, 15, 16, 17, 21, 27, 29, 37; *Cód. Justin.* 8.12.22.

   2º Prohibición a los magistrados que no se hayan hecho cargo por sí mismos de los gastos en edificios públicos, de escribir allí su nombre en lugar del Príncipe: *Cód. Teod.* 15.1.31; *Cód. Justin.* 8.12.10.

   3º Obligación impuesta a los magistrados que empiecen monumentos de utilidad pública sin orden del Príncipe, de asegurar la finalización a su costa: *Cód. Teod.* 15.1.28, 31.
6. Εἰς οἰκοδομίας δὲ πλείστας ἀνϖφελεῖς τὰ δκμόσια χρήματα δαπανῶν, τινὰ κατεσκεὺασεν, ἅ μικρὸν ὕστερον διελύετο, βέζαια διὰ την ἔπειςιν οὐ γενόμενα. Zós. hist. 2.32. [«Dilapidó el dimero publico en numerosas construcciones inútiles y levantó edificios que se hundieron en seguida: construidos muy deprisa, no habían adquirido solidez. » Traducido de la versión francesa realizada por François Paschoud, en *Zosime. Histoire nouvelle.* París: Les Belles Lettres, 1971, p. 105. N. de los E.]
7. Vitr. 2.8.

Capítulo 8

1. Sobre las cuestiones relativas a este capítulo, pueden consultarse, además de los textos generales a los que nos remitimos, las siguientes obras: Heinecio, *De colegiis et corporibus opificium* (Disertación reproducida en la recopilación titulada *Opusculum variorum sylloge*); Se-

rrigny, *Droit public et administratif romain*; Th. Mommsen, *De collegiis et sodaliciis romanorum* (Kilia: 1843); Rabanis, *Recherches sur les Dendrophores* (Burdeos: 1841); Roth, *De re municipali Romanorum libri II* (Stuttgart: 1801). Los amables consejos del Sr. Egger nos han ayudado más que todas estas obras eruditas: permítaseme aquí manifestarle mi reconocimiento por la benévola orientación que ha dado a mis investigaciones.

2. Sobre la historia del origen de las corporaciones, los documentos originales son los siguientes:

   1º Fundación de los colegios bajo Numa con carácter de organización civil: Plutarco, *Numa*, 15; Plinio, *Hist. Nat.* 34.1.

   2º Transformación de varios colegios en instituciones paramilitares bajo Tulio: Dionis. Halic. *Ant. Rom.* 4.17.; Tit. Liv. 1.43.

   3º Persistencia de privilegios a favor de las corporaciones concurrentes al servicio de las tropas: *Digest.* 50.6.6 (texto tomado de un tratado denominado «Militarium» escrito en época de Cómodo).

   Entre los trabajos de coordinación relativos al conjunto de estos documentos, ver la disertación de Heinecio, *De orig. et iure coll. et corp. apud Rom.* y la de Mommsen, *De colleg, et sodaliciis*, pp. 27 y ss.

3. Heinecio, *De orig. et iure coll,* 1.9.

4. Se citan a continuación algunos textos sobre los que se apoyan las anteriores afirmaciones:

   1º Supresión de los colegios por Cicerón: Asconio, en *Corneliana Ciceronis*, editado por Orell. p. 75. (Cf. Cic. *Pro domo*, 28 y Q. Cic. *De petitione consul*, 1.)

   2º Restablecimiento por Clodio: Cic. *In Pisonem*, 4.

   3º Supresión por César: Suet. *Jul.* 42. Véase también, para la discusión de estos textos, la memoria antes citada de Mommsen.

5. Sobre este tema ver:

   1º Bajo Julio César: Suet. *Jul.* 42.

   2º Bajo Augusto: Suet. *Aug.* 32.

   3º Bajo Claudio: Dión Cas. 60.6. Este último texto parece indicar por parte del predecesor del emperador Claudio un inicio de tolerancia.

6. Orell. *Inscrip. lat.* 764 (nota). Tomo esta observación de una memoria insertada por Belin de Launay en las *Actas de la Academia de Burdeos*, 1867, 1er trimestre.

7. Prohibiciones: Plin. *Epist.* 10.42 y 43. Colegios reconocidos: Aurel. Víct. *De Caesaribus*, 13.

8. Al hilo de lo anterior, este cambio de carácter de la institución, que empieza tolerándose para luego hacerse obligatorio, explica ciertas faltas de concordancia entre los textos jurídicos recogidos en la compilación *Digesto*. Si se toma el más antiguo de los textos, por ejemplo, el de Cayo, los Colegios se presentan como instituciones toleradas (véase, en particular, *Digesto* 3.4.1). Si, por el contrario, se analizan las Constituciones de los siglos IV y V, todas confieren a los Colegios un carácter opuesto, precisamente el de asociaciones obligatorias. Las medidas coercitivas que citaremos seguidamente pertenecen, en general, a este último período y revelan suficientemente la naturaleza y la importancia del cambio ocasionado.

9. «Ad specimen legionum militarium, fabros, perpendiculatores, architectos, genusque cunctum estruendorum moenium seu decorandum, in cohortes centuriaverat.» Aurel. Víct. *Epit.* 14.

10. «Quibusdam collegiis vel corporibus quibus jus coeundi permissum est, inmunitas tribuitur: Scilicet eis collegiis vel corporibus in quibus artificii sui cusa unusquisque adsumitur: ut fa-

brorum corpus est, et si qua eamdem rationem originis habent, id est idcirco instituta sunt, ut necessariam operam publicis utilitatibus exhiberent...etc.» *Digest.* 50.6.5.12. Este texto, tomado de un jurisconsulto del siglo II, se completa y se hace todavía más preciso por una *Noticia de Mayoriano*, que nos presenta a los miembros de los colegios obligados a permanecer en sus ciudades para trabajar en obras de interés general por turnos (*alternis vicibus*) y a requerimiento de los curiales (*pro curialum dispositione*): *Not. Teod.* 4.1. He aquí la cita textual de la constitución: «De collegiatis vero illa servanda sunt, quae praecedentium legum praecepit auctoritas. Quibus illud provisio nostrae serenitatis adjungit, ut collegiatis operas patriae alternis vicibus pro curialum dispositione praebentibus, extra territorium civitatis suae habitare non liceat.» [«En cuanto a los miembros de los colegios, deben ser observadas aquellas reglas que dispuso la autoridad de las leyes anteriores. A estas reglas añade la provisión de nuestra Serenidad que los colegiados servirán al municipio por turnos, a requerimiento de los curiales, y no se les permitirá residir fuera del territorio de su propio municipio.» Traducción basada en la versión inglesa de Clyde Pharr, op. cit., p. 557. La referencia exacta de este párrafo es *Not. May.* 7.3. N. de los E.]

11. La Noticia de Mayoriano, precedentemente citada sería, a este respecto, una prueba suficiente, *Not. May.* 1. [Realmente se trata de *Not. May.* 7.3. N. de los E.] No obstante, se puede confirmar el hecho en los siguientes textos: *Not. Teod.* 1.26; *Cód. Teod.* 14.2.4, 14.7.1, 6.30.16.

12. Sobre los temas citados:

    1º Dispensa del servicio militar: *Not. Teod.* 1.26.

    2º Dispensa de funciones municipales: Establecida, al menos en forma probable, por el texto siguiente, *Cód. Teod.* 12.1, en el que las dos clases de funciones parecen ser equivalentes una a la otra.

    3º Exención de impuestos y cargas extraordinarias: *Cód. Teod.* 14.2.2.

    4º Dispensa de tutelas: *Digest.* 27.1.17.2.

13. *Cód. Teod.*. 14.3.7, 13, 19; 14.4.8. Se comprenderá el funcionamiento de este sistema de dotaciones y servidumbres leyendo las especificaciones correspondientes que los romanos crearon para dos de sus principales corporaciones: los navicularii y los pistores. Cada una de estas especificaciones, realmente verdaderas monografías, es objeto de un tratamiento especial en el *Código Teodosiano.*

    Si tomamos las indicaciones del *Código* en sentido estricto, cabe la duda entre dos acepciones del término «fundi dotales»: la dotación hecha a los colegios podía revestir el carácter de una entrega total de algunas propiedades a sus miembros, o bien una simple desgravación por las tierras de las que eran propietarios. Estas dos hipótesis, que muy bien podrían ser complementarias, dan lugar a idénticas consecuencias por lo que se refiere a la situación legal de los collegiati y el carácter de su remuneración. Bien sea que los miembros colegiales tuvieran por indemnización el producto total de las tierras, o bien que su indemnización total se redujera a una dispensa completa o parcial de los impuestos que afectaban a la posesión de dichas tierras, el principio sigue siendo el mismo, y las consecuencias que se derivan siguen siendo ciertas.

14. «Hi vero qui praedia obnoxia corpori, vel ex empto, vel ex donato, vel ex quolibet titulo tenent, pro rata publicum munus agnoscant, aut possessionibus cedant. Circa reliqua etiam corpora, quae ad privilegia Urbis Romae pertinere noscuntur, eadem praecepti nostri forma servetur.» *Cód. Teod.* 14.4.8.

15. Sobre la anexión de los ciudadanos a las corporaciones y el derecho de traslado de miembros de unos colegios a otros, véase Símaco, 10.58. Sobre el género de condena que incorporaba ciudadanos libres a determinadas corporaciones de servicios onerosos, véase *Cód. Teod.* 9.40.5; 14.3.23, etc.
16. *Cód. Teod.* 14.6.1.
17. *Cód. Teod.* 14.3.19.
18. Símaco, 10.27. El «informe» del que se extrae esta cita forma en su conjunto una de las visiones más interesantes y completas que los antiguos nos han dejado sobre el papel y la condición de los colegios obreros dentro del imperio romano.
19. *Digest.* 47.22.4. Cf. *Digest.* 3.4.1; Lamprid. *Alejandro Severo*, 33.
20. Las atribuciones del «redemptor» se fijan en el *Digesto*, 50.10.2.1. En apoyo de la idea de que los contratos con el «redemptor» se realizaban normalmente a tanto alzado, véase Cic. en *Verrem.* 2.1.54–56; cf. la «Lex Puteoleana», p. 144, etc. La misma costumbre se revela en la narración de una dificultad surgida entre Quinto Tulio Cicerón y su contratista (Cic. *Ep. ad Q. fratr.* 3.1.5). Véase también Cic. *Ep. ad Attic.* 4.16.14; y finalmente, las numerosas fórmulas en inscripciones tales como ésta: «*Opus ex... HS faciendum locare.*» El locator o redemptor siempre parece aceptar, por medio de un precio convenido y expresado siempre en números redondos, la obligación de realizar la obra a su propio riesgo. Orell. 3148, 3277, 3325, 4616, 6605, 6609, 7420 a θ, a ϰ, a λ; 1476 (con la corrección de Henzen); etc. Sobre la práctica de contratos de esta clase en Grecia ver Rangabé, *Ant. hell.* 771; *Corp. inscr. gr.* 2266.
21. Véase, en apoyo de nuestro argumento, el panorama de los principales textos que definían la organización interior de los colegios y las garantías que la administración central tenía previstas en su contra.

1º Intervención de la autoridad central en el régimen interior de los colegios: Derecho otorgado al Senado para prohibir las reuniones de las corporaciones obreras, *Digest.* 3.4.1; 47.22.3. Orell. 2797, 3140, 4075, 4115, 4235... Colegios en los cuales la administración limita el número de miembros. Plin. *Epist.* 10.42.

2º Existencia y ejemplos de reglamentos de policía interior libremente aceptados por los colegios: *Digest.* 47.22.4. Orell. 2417, 6086.

3º División en centurias y decurias: Orell. 4060, 4071, 4085, 4137.

4º Jerarquía y magistratura de los colegios: Ordo collegii, Orell. 2417, 4115. Magistri, id. 4054... 4137. Quinquennales, id. id. Plebs, id. id. Funciones en las que el orden jerárquico se encuentra más indeterminado: Actor o Syndicus, *Digesto*, lib. III, tit. IV, l. 1. Praefectus, Orell. 7198. Quaestores, id. 2863. Curatores, id. 7194. Scribae, id. 1687. Distinciones honoríficas: Pater collegii, Orell. 4134. Patronus collegii, id. 4054... 4137. Inmunis collegii, id. 4137.

5º Parte de elección en el nombramiento de determinadas dignidades de los colegios: Orell. 4057. Reservadas al arbitrio del poder central. Orell. 2163.

6º Organización religiosa de los colegios: Sacerdote del colegio. Orell. 4094, 7213. Templo, id. 4133. Divinidades especiales, id. 1710, 1711, 4122. Banquetes, id. 6086...Funerales, id. 4107...

7º Sobre la esclavitud en las corporaciones: Cic. en *Pisonem*, 4. *Digest.* 47.22.3.2; 29.2.25.1. Orell. 7214, 2886 y sobre todo la inscripción nº 6086, en la que los esclavos figuran en pie de igualdad con los hombres libres. Nombres de libertos, Orell. 3019.

8º Derechos civiles de los colegios: Derecho de propiedad, *Digest.* 10.4.7.3. Los colegios,

privados al menos en principio, del derecho a recibir herencias: *Cód. Justin.* 6.24.8. Excepciones a esta regla: Orell. 4080. Murat, 516.1.

9º Detalles diversos: Existencia de un tesoro común: Orell. 1702; *Digest.* 3.4.1. Cronología específica de los colegios: Orell. 1702, 820, 3891, 4064. Lugares de reunión (Scholae): Orell. 4088...Sellos de determinadas corporaciones: Orell. 2395.

22. Bajo este argumento el emperador Honorio crea una ley que excluye de la sociedad romana a los dendrophorii y a los centonarii (*Cód. Teod.* 16.10.20).
23. Frontino, *De Aquaed.* 177.
24. Véase p. 147 y lám. XXII.
25. *De Aquaed.* 119.
26. Véase, sobre las murallas del Pireo, Rangabé, *Antica Hellade*, inscr. nº 771 y sobre el Pandroseo la misma obra, inscr. 56–60.
27. Véase nota 4, cap. 4. Cf. Orell. 6428.
28. *De Aquaed.* 123. Este reglamento contiene tres disposiciones principales: 1º Comenzar las fábricas como muy pronto el primero de abril; 2º Interrumpirlas con los grandes calores del verano para evitar la desecación brusca de los morteros; 3º Terminarlas antes del 1º de noviembre.

El último artículo da pie a un razonamiento que parece útil incluir aquí: Por una coincidencia bastante notable, es la misma fecha del 1º de noviembre la que la Lex puteoleana ya citada (*Corp. inscr.* 557) indica como fecha apropiada para concluir los trabajos. Quizá esta coincidencia sea fortuita, pero parece lógico el atribuir a ambos textos un origen común. Los dos corresponderían a dos enunciados diferentes de una misma costumbre a la que Frontino alude recomendándola «como una excelente práctica, poco observada sin embargo, a pesar de la ley que la prescribe».

Ignoramos si puede relacionarse con este conjunto de ideas el extracto de las antiguas «leges operum», citado por Plinio (*Hist. Nat.* 36.55) que prohibía a los contratistas emplear en las fábricas cal con menos de tres meses de apagado. Estas leges operum —y la Lex puteoleana es un buen ejemplo de ello— tienen más el carácter de condiciones particulares para una empresa en particular que el propio de un reglamento general aplicable al caso.

Sobre el reglamento en forma de ley que regulaba el «collegium fullonum», véase Plinio, *Hist. Nat.* 35.57.

29. Para completar este estudio, falta dar la lista de las principales corporaciones que intervenían en las obras públicas y ello constituye el objeto de la presente nota.

1º En primer lugar, se encuentra el Collegium structorum: Esta corporación comprendía exclusivamente los obreros que trabajaban en obras de mampostería (los términos «struere», «structura» no se aplican jamás para obras de sillería en seco).

El Collegium structorum se menciona en las siguientes inscripciones: Gruter, pp. 106, 8; 646, 6; 1002, 1; 1117, 10 (?); Orell. 6354. Esta última inscripción es destacable, puesto que constata la incorporación de esclavos al colegio de los structores. Spon, *Miscell. antiq.* p. 231, c. Inscripción que parece indicar, dentro de este colegio, una categoría especial de structores parietarii. El *Digesto* parece distinguir, por otra parte, a los structores de los arcuarii, especialmente encargados de la construcción de las bóvedas (50.6.6).

Privilegios. Los structores se incluían en la lista de las 32 profesiones a las que una ley de Constantino otorga inmunidad para todas las cargas públicas y en particular para trabajos forzados (*Cód. Teod.* 13.4.2).

2º Al lado del Collegium structorum pueden citarse toda una serie de corporaciones, neta-

mente diferenciadas, que incluían a los obreros encargados de preparar la piedra en bloques regulares para las construcciones de sillería. Estas corporaciones gozaban, junto con los structores, de la inmunidad completa otorgada en la constitución de Constantino. Sus miembros llevaban los nombres de: Lapidarii: Maffei, *Mus. Veron.* 130, 1; Orell. 4208, 4220; Marmorarii: Orell. 4219, 4220, 7245; Quadratarii: Véase Godefroy, *Cód. Teod.* comentario sobre el texto citado.

3º Viene a continuación un grupo de colegios que presentamos seguidos, ya que los textos los asocian casi invariablemente: los fabri ferrarii, tignarii, centonarii, dedrophorii:

a) Los fabri ferrarii o simplemente fabri, que trabajaban los metales destinados a las construcciones.

b) Los tignarii, que trabajaban la madera: Corporación que estaba incluida en la lista de inmunidades (*Cód. Teod.* 13.4.2) y a la que se vinculan, bien como subdivisión, o bien en forma anexa, ciertas profesiones secundarias cuya enumeración tiene su interés, ya que presenta la escala de división del trabajo de la que ya se ha hablado antes. Los clavarii materiarum (Orell. 4164), obreros cuya función especial era la de preparar los pasadores destinados a los ensambles; los sectores materiarum (Orell. 4278), que preparaban la madera para el aserrado; los lignarii (Orell. 4265); y quizás, también, los fabri intestinarii (Orell. 4182) cuyo papel se reducía a ejecutar la obra de carpintería fina destinada al interior del edificio.

c) Las dos últimas profesiones que forman parte del mismo grupo eran los dendrophorii y los centonarii, y sus atribuciones sólo son conocidas aproximadamente.

Pueden asimilarse los dendrophorii a obreros empleados en la explotación de bosques, o bien a la elevación de las piezas de madera en la instalación de las carpinterías.

Sobre las funciones de los centonarii, existen dos opiniones: Unos los conciben como artesanos textiles, que confeccionaban, o bien ropa de calidad tosca (vestiarius centonarius, Orelli, 4296) o bien las gruesas cubiertas que se utilizaban, según Vegecio, 4.17, para preservar de los incendios a las máquinas de guerra.

Contrariamente, otros rechazan la idea de asociar una corporación de sastres a las de herreros o leñadores, y piensan que los centonarii podrían ser simplemente obreros techadores, cuyos trabajos, a base de tejas o enlatados, presentan aproximadamente el aspecto de esos «centones» cuyo nombre sirve para formar el de la corporación (véanse, en relación a ambas interpretaciones: Rabanis, *Recherches sur les dendrophores*; Serrigny, *Droit public et administ. romain*, vol. 2, p. 366; Wallon, *Histoire de l'esclavage*, etc.).

Quizás la palabra equivalente en griego al centonarius latino ayude a zanjar la cuestión: efectivamente se encuentra en los términos de los «ermeneumata» de J. Pollux, descubiertos por Boucherie y cuyo conocimiento debo a una amable comunicación : «Κεντρωνοράφος: centronarius (sic).» Esta traducción parece inclinarnos a favor de la primera hipótesis.

Como quiera que sea, se percibe fácilmente la razón que guiaba a los romanos a reunir conjuntamente a las cuatro profesiones principales que acaban de citarse. Los autores hablan de un colegio instituido para prevenir el peligro de los incendios, mientras que las inscripciones, por lo que se conoce, no hacen ninguna mención explícita a dicho colegio. Plinio (*Epist.* 10.42 y 43) propone a Trajano el crear para este fin un «Collegium fabrorum». Así, ¿dónde se podría reclutar mejor este colegio sino buscando entre los propios herreros, carpinteros, techadores o también entre los centonarios, bien como obreros techadores o como fabricantes de defensas para incendios en maquinas de guerra? ¿No es posible que fuera éste el origen del agrupamiento de todos estos artesanos y la explicación de sus privilegios? A veces se añadían

a los centonarii, los dolabrarii y los scalarii, y este reagrupamiento parece ofrecer un nuevo argumento a favor de la opinión anterior que, por otra parte, también sostiene Heinecio (*De orig. et iure coll. et corp.*).

4º Para terminar esta lista de los corporati debemos recordar a los que antes se han designado como calcis coctores, que preparaban la cal destinada a las obras públicas, así como los vecturarii y navicularii, que se encargaban del transporte.

Por encima, y posiblemente fuera de estas corporaciones, nos encontramos con los jefes, que dirigían las obras públicas, y que son los siguientes:

El curator operis (Orell. 24, 1506, 2273, 3264, 3265, 3382, 4011), que detentaba la dirección general del trabajo y debía, una vez realizada la recepción (opere probato), tomar sobre sí la responsabilidad completa, respondiendo en exclusiva del negocio ante el Estado (*Digest.* 50.10.2.1);

El contratista (redemptor o locator operis) del que se ha hablado con anterioridad (p. 172, nota 20). Según el *Digesto*, en el que se fijan sus atribuciones, parece que sus funciones eran las de un simple subordinado del *curator*: «El curator es responsable frente al Estado, el redemptor frente al curator.»

El mensor aedificiorum (Orell. 3223): sólo nos quedan, como indicios de sus atribuciones el nombre de la profesión y sus instrumentos de medida, grabados en la tumba de uno de los que la ejerció.

El arquitecto: agente de la supervisión técnica, pero cuyo papel no se corresponde siempre con el que desarrolla en nuestros días, ya que los antiguos, y particularmente los griegos, han dado a veces el nombre de arquitecto al mismo contratista de los trabajos (Böckh. *Die Staatshaushaltung der Athener*, lib. II, cap. X y XIII).

Finalmente, al otro extremo de la escala y muy por debajo de la condición normal de los colegios de artesanos, se sitúa una clase de hombres que se dedica a la extracción del material empleado en las obras públicas, y que con una dependencia todavía más estrecha del Estado, se situaban en una situación parecida a la de los esclavos: los metalarii (*Cód. Teod.* 10.19), obreros que no sólo estaban encargados de la explotación de las minas, sino que trabajaban conjuntamente con los forzados condenados a la extracción de piedra destinada a los trabajos de construcción (véase la constitución nº 8, etc., del documento citado anteriormente).

30. Se ha intentado anteriormente (pp. 155 y ss.) precisar el grado de uniformidad que existe dentro del arte romano, así como la importancia de las variantes locales.
31. Obsérvese que Adriano fue el primero en aplicar la idea de encuadrar a los artesanos del Imperio. Él fue quien nombró curatores para las termas de Venusia y de Benevento (Orell. 3263, 3264); también fue él quien impuso quinquenales a ciertos colegios de obreros constructores (Orell. 2163). Ningún príncipe parece haberse preocupado tanto por las construcciones de provincias como este emperador-arquitecto.
32. Organización de la legión para los trabajos de construcción: Vegecio, 2.11. Prohibición de utilizar a los obreros militares al servicio de empresas privadas: *Digest.* 49.16.12.1. Tropas colocadas por los procónsules a las órdenes de los curatores operum publicum: *Digest.* 1.16.7.1. [La traducción del texto latino «Ministeria quoque militaria, si opus fuerit, ad curatores adjuvandos dare», se ha tomado de *El Digesto de Justiniano*. Versionado por A. d'Ors et al. Pamplona: Aranzadi, 1968, p. 80. N. de los E.]

En este último caso las legiones se mantenían a expensas de la provincia misma para la que trabajaban. El hecho es conocido por una frase de Filón (*Adv. Flacc.* p. 966) en la que el autor

revela el régimen denunciando los abusos a los que esta circunstancia daba lugar. También se indica en algunas inscripciones cuyo resumen se encuentra en el *Corpus Inscript. graecarum*, vol. 3, p. 314 (*Inscr. Aegypt.* introd.).

33. Estas indicaciones se deben a F. Ritschl, que ha tenido a bien indicarnos, entre los documentos contenidos en su *Registro de las Inscripciones del Rin*, los textos siguientes:

1º Explotación de canteras de piedra por las legiones: *Corpus Incript. Rhenan.* nº 651 y ss.

2º Fabricación de ladrillos por los legionarios:*Corpus Incript. Rhenan.* nº 223, p. 63, i.2. Menciones sobre las vexillationes que han concurrido a dicha fabricación: *Corpus Incript. Rhenan.* p. 118, d.3. Nombres de figuli y magistri figulorum, pertenecientes al ejército: Véase la lista confeccionada por Brambach, *Corpus Incript. Rhenan.* p. 380.

3º Finalmente Ritschl considera también relativas al trabajo ejecutado por tropas las inscripciones incluidas en el mismo trabajo con el nº 1397 y las tres de nº 837, 1548 y 1554.

34. Textos que confirman estas indicaciones: Anfiteatros de Bolonia y Cremona construídos por las legiones:Tácito, *Historias*, 2.67. Anfiteatros construídos en África por las armadas: Orell. 6597. Templos y pórticos construídos por legionarios en las provincias: Orell. 7416 α, 7416 η. Trabajos en Egipto con Probo: Vopisc. *Prob.* 9. Murallas en Bretaña: Orell. 3566. Puesto fortificado en Escitia con Valentiniano: Temist. *Orat.* 10. Trabajos de construcción naval ejecutados por tropas a pesar de su reconocida inutilidad: Frontin. *Stratag.* 4.1.15.

Para completar esta enumeración, véase Becker y Marquardt, *Hand buch der römischen Alterthümer,* 3ª parte, vol. 2, p. 434 y ss; Orell. 4987, etc.

35. Textos que establecen la intervención de presos en los trabajos públicos: Paulo, *Sentencias*, lib. V, tit. *De Poenis. Cód. Teod.* 14.10.4; *Digest.* 48.14.34, 48.14.8.7, etc. Construcción de las termas de Diocleciano con la intervención de convictos: *Annales eccles. Baronii*, 298, act. Sancti Marcelli. Construcción del palacio de Nerón y excavación del canal del Averno: Suetonio, *Nerón*, 31.

36. Véanse principalmente los detalles que se reflejan en el *Código Teodosiano*, 14.4, sobre la organización y el papel de los Suarii. Se ha elegido este ejemplo porque estos recaudadores de impuestos, que se contaban a la vez entre los principales proveedores de la ciudad de Roma, son quizá aquéllos cuyas funciones están definidas con mayor claridad. Desde este punto de vista, el estudio de su organización debe preceder a cualquier investigación genérica sobre el modo de percepción de las contribuciones en especie de los antiguos.

37. Impuestos de cal pagados por Etruria y por la ciudad de Terracina: *Cód. Teod.* 14.6.4; Símaco, 10.53. Tributos pagados en grava para la construcción: *Cód. Teod.* 14.6.4. Tributos pagados en ladrillo: Véase una nota, publicada por Nardini a continuación de su *Roma Antica*, con el título: *Lettera d'Ottavio Falconieri sopra l'inscrizione d'un mattone etc.* Prohibición de aceptar en lugar de tributo en especie su equivalente en dinero: *Cód. Teod.* 15.1.17. No se concedía más que una parte de estos materiales a los particulares en el caso de que las remesas enviadas por los pueblos tributarios excedieran el límite de las necesidades públicas: *Cód. Teod.* 14.6.4.

38. *Cód. Teod.* 11.16.15, 18. La clase de trabajos varió bastante con el transcurso del tiempo: basta para confirmarlo el comparar la enumeración del *Código Teodosiano*, en el siglo V, con la que se encuentra en el *Código de Justiniano*, que corresponde ya al siglo VI (10.47.12). Se dispone de la prueba directa de estas variaciones: Sabemos, por ejemplo, por el primero (15.3.6) que el mantenimiento de las grandes vías públicas cesó de figurar, con Teodosio el Joven, entre los sordida munera, pero las fluctuaciones de la ley romana son en este caso irrelevantes, ya que se trata de ofrecer nociones generales más que el detalle de su aplicación.

39. *Cód. Teod.* 11.16.15, etc.

40. Es necesario distinguir aquí muy cuidadosamente los «sordida munera» de los «extraordinaria munera». Estas dos clases de prestaciones, aunque se relacionen con frecuencia dentro de los textos jurídicos, eran profundamente distintas por naturaleza. El *Código Teodosiano* no las confunde en ningún caso, oponiéndolas incluso en alguna ocasión, de forma que puede asegurarse leyendo, en el libro 11, título 16, la ley 15 redactada de la forma siguiente: «Sane rerum extraordinarium munus ab omnib. omnino magnif. tua sciat esse poscendum...Sordidorum vero munerum talis exceptio sit, ut...» [«...las prestaciones extraordinarias serán exigibles a todas las personas...La exención de prestaciones obligatorias de naturaleza servil será de este modo...» Esta traducción se basa en la versión inglesa realizada por Clyde Pharr, op. cit., p. 308. N. de los E.]

Los sordida munera eran prestaciones personales obligatorias, mientras que los extraordinaria munera sólo simples incrementos de impuestos. Debe destacarse el hecho de que los extraordinaria munera admitían muchas menos excepciones que los primeros y que por ello, su implantación estaba rodeada de un cúmulo de garantías, que no parecen tener lugar en el caso de los sordida munera. Para reforzar esta observación, véanse las siguientes constituciones, en las que figura la clase de los sordida munera y que, en su conjunto, precisan sus características: *Cód. Teod.* 6.23.3, 4; 6.26.14; 6.34.1, 4; 11.16.5, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23; 13.3.12; 14.4.6; *Cód. Justin.* 10.47.

41. Lact. *De Mortib. persec.* 7.

42. Aurel. Víct. *De Caesaribus*, 9. Se toma esta observación de la obra de Naudet, *Des changements operés dans toutes les parties de l'Empire romain*, etc.

43. *Cód. Teod.* 15.18 y 26 (leyes citadas por Serrigny en su obra sobre el derecho público y administrativo de los Romanos).

Glosario

ábaco. La parte superior y remate del capitel de una columna. Con frecuencia tiene la forma de una losa cuadrada, pero también puede estar moldurado o decorado.

abocinado. Vano cuya luz aumenta gradualmente de un paramento a otro.

acueducto. Construcción para transportar agua, particularmente para el abastecimiento de una población; puede ser exterior (a veces en forma de puente) o subterránea.

adaraja. Cada uno de los entrantes y salientes que se dejan en las sucesivas hiladas de un muro al suspender su construcción, para que al continuar la fábrica se consiga una perfecta trabazón con la antigua.

adherencia. La fuerza que reúne a dos cuerpos, o sea, la resistencia que oponen a separarse los cuerpos que se hallan en contacto, la cual es relativa al número de puntos de contacto, y en los cuerpos sólidos está en razón inversa de su pulimento y directa de la compresión.

adintelada. Forma de construcción de fábrica que se basa en el empleo del dintel y la columna. Visualmente muy diferente de la construcción arqueada, su funcionamiento estructural es similar, formándose arcos de descarga dentro de los dinteles que funcionan como arcos adintelados.

adovelado. Construcción o arco compuesta por dovelas.

aglomerante. Sustancia que une y da mayor consistencia a los aglomerados y morteros.

agrietamiento. Forma y disposición de las grietas en una zona de una fábrica.

agujas. Maderos que mantienen paralelos los tableros de un encofrado.

alabeado. En geometría se llama alabeada a la superficie reglada no desarrollable. || Vicio de una pieza plana al curvarse de modo que los cuatro ángulos no quedan en el mismo plano.

almohadillado. Paramento de sillería en el que la cara exterior de los sillares está labrada en forma de almohadilla.

altura. *Ver* **flecha.**

andamiaje. Estructura provisional utilizada en la construcción de una fábrica.

anta. Dícese de la pilastra de refuerzo que sobresale en los extremos de un muro.

aparejo. La disposición y enlace de las partes de una construcción. Tratándose de obras de cantería o sillería, se usa también este término como sinónimo de despiece.

— **ciclópeo.** El formado por grandes bloques de piedra de tamaño irregular y sentados en seco.

— **isódomo.** Aparejo griego compuesto por hiladas en las que todos los sillares están labrados con iguales dimensiones.

— **a juntas encontradas.** Sentar los sillares de modo que el lecho del uno insista en el medio del sobrelecho del otro.

— **a soga.** Se dice que un aparejo o una hilada están dispuestos a soga cuando los ladrillos o sillares que los componen presentan su lado mayor al exterior.

— **a soga y tizón.** Aquel en el que alternan piezas a soga y a tizón.

— **a tizón.** Se dice que un aparejo o una hilada están dispuestos a soga cuando los ladrillos o sillares que los componen presentan su lado menor al exterior.

apear. Sostener o apuntalar un terreno, construcción o parte de ella, bien con maderas o con obra de fábrica.

apoyo. Elemento de sustentación.

apoyo en falso. El modo como está asentado sobre otro un cuerpo que tiene alguna parte voladiza o que no está a plomo con su base.

apuntado. *Ver* **arco apuntado.**

apuntalar. Sostener con puntales, generalmente de forma provisional.

arbotante. Arco por tranquil o rampante que transmite en estado pasivo el empuje de una bóveda a un machón o estribo exterior.

arcada. Arco o serie de arcos, especialmente en los puentes.

arco. Elemento estructural curvo que transmite las cargas fundamentalmente mediante esfuerzos de compresión. La forma de transmisión de las cargas viene dada por la posición de su línea de empujes.

— **adintelado.** El que degenera en una línea recta presentando un intradós horizontal y estando despiezado en dovelas dispuestas radialmente en forma de cuña.

— **apuntado.** El formado por dos arcos de círculo de igual radio y menores que un cuarto de circunferencia.

— **carpanel.** El formado por un número impar de arcos, cada uno de ellos con su centro de curvatura.

— **crucero, diagonal.** El que, arrancando de un apoyo, pasa por la clave principal de una bóveda nervada (de ahí su nombre).

—— **de descarga.** El que se sitúa sobre un vano o porción de fábrica para aliviarlos del peso del muro superior. Muchas veces no se acusan con molduras sino que van embebidos en la fábrica, al ras de los paramentos. || En un dintel o macizo de fábrica que salva un vano, trayectoria que siguen las cargas en su interior.

—— **escarzano.** El formado por un segmento circular, menor que la semicircunferencia, teniendo, por lo tanto, su centro por debajo de la línea de los arranques.

—— **fajón.** El volteado en un plano perpendicular al eje de la nave. En especial se llama así el que «refuerza» una bóveda de cañón seguido, dividiéndola en tramos.

—— **de medio punto.** Aquel cuyo intradós es una semicircunferencia completa, por lo que su altura o flecha es igual a la mitad del vano.

—— **pareados.** Arcos dispuestos de dos en dos.

—— **peraltado.** El prolongado en sus extremos por dos porciones rectas. || Aquel cuya altura es mayor que su semiluz.

—— **perpiaño.** Fajón.

—— **rampante, por tranquil.** El que no tiene sus arranques a la misma altura. No es simétrico y, con frecuencia, su intradós está definido por dos arcos de circunferencia acordados. Generalmente los arbotantes son arcos rampantes.

—— **rebajado.** Aquel cuya altura o flecha es menor que la semiluz.

—— **toral.** Cada uno de los cuatro que sostienen una cúpula, un cimborrio o el tramo central del crucero. || A veces se emplea como sinónimo de arco perpiaño o de arco formero.

argamasa. *Ver* **mortero**.

árido. Arena y/o grava que forman parte de la composición de los morteros y el hormigón.

arista. Ángulo sólido formado en la intersección de dos bóvedas de cañón que se cruzan; se vuelve más obtuso a medida que se aproxima a la coronación. En una bóveda de arista sobre un tramo cuadrado éstas forman dos «arcos» que se cruzan sobre las diagonales del cuadrado en planta. En las bóvedas de crucería góticas la arista está escondida por los arcos cruceros.

aristón. Recibe este nombre una esquina reforzada con un material de mayor dureza que el resto de la fábrica.

armadura. Conjunto de piezas de madera que forman una estructura destinada a recibir el tejado con el que se cubre el edificio.

armadura tabicada. *Ver* **bóveda tabicada**.

armazón. Conjunto de maderos que sirven para sostener o contener las partes de una obra de arquitectura, carpintería, mecánica, etc.

arquería. Serie de arcos, con frecuencia ciegos o decorativos. Arcatura.

arquitrabada. Construcción adintelada.

arquitrabe. Parte inferior de un entablamento, sobre el que descansa el friso y que apoya directamente sobre las columnas.

arquivolta. Moldura o conjunto de molduras que decora la cara exterior frontal de un arco.

arranque. La porción de un arco o bóveda que insiste sobre el apoyo, y en la que se inicia la curvatura de dichos elementos. *Ver también* **enjarje**.

arriostrar. Poner riostras u otros elementos para hacer indeformable una armadura, garantizando así su estabilidad global.

asentar. *Ver* **sentar**.

—— **a hueso, en seco.** Sentar la piedra o ladrillo en obra sin mortero.

asiento. Disminución de la altura de un edificio por acoplamiento de los materiales a causa del peso. || Capa de argamasa sobre la que se colocan ladrillos y sillares.

asiento en falso. El modo como está asentado sobre otro un cuerpo que tiene alguna parte voladiza o que no está a plomo con su base. En las iglesias góticas con frecuencia se buscaba intencionalmente esta disposición, quizá para demostrar la maestría del constructor.

atrio. Núcleo central de la casa romana, rodeado por columnas y descubierto para permitir la recogida del agua en el impluvium. || Pórtico.

bajorrelieve. Dícese del relieve que sobresale menos de la mitad de su bulto.

basa. Parte inferior de las tres de que se compone una columna.

basamento. Parte inferior de una edificación.

basílica. En Roma edificio público de tres a cinco naves, con la central más elevada, separadas entre sí mediante series de columnas. En la cabecera se encontraba la tribuna donde se celebraban los tribunales. También se usaba como lugar de reunión y contratación. || Antigua iglesia cristiana de tres a cinco naves separadas por series de columnas. La nave central es de mayor altura y a ella se abre el triforio construido sobre las naves laterales. En la cabecera presenta normalmente un ábside semicircular y a los pies suele tener un vestíbulo o nártex.

bocel. Moldura convexa de sección semicircular.

boquilla. Superficie o parte de la dovela de un arco o bóveda que da hacia el intradós.

bóveda. Obra de fábrica arqueada que cubre un espacio comprendido entre muros o pilares.

—— **anular.** La que se curva en planta, tal como las bóvedas de cañón anulares que cubren los primitivos deambulatorios.

—— **de arista.** La formada por la intersección de dos bóvedas de cañón de igual altura y con el mismo plano de arranque, siendo sus aristas salientes hacia el interior de la bóveda.

—— **en bajada.** Aquella cuyo eje no es horizontal.

—— **de cañón.** Aquella cuyo intradós es cilíndrico. La sección transversal puede ser un semicírculo o un arco apuntado. Si la superficie es continua, se dice de cañón seguido; pero es muy frecuente que presente resaltos en forma de arcos fajones que la dividen en tramos.

—— **cónica, conoidal.** La que tiene un intradós cónico o conoidal.

—— **de crucería, nervada.** Nombre general de las bóvedas de arcos independientes que cons-

tituyen una de las características principales de la arquitectura gótica. Constan de dos elementos esenciales: los arcos que forman su esqueleto y los plementos o paños que cubren los espacios intermedios.

—— **de cuarto de esfera.** La que se obtiene al dividir una cúpula semiesférica por un plano vertical que pasa por su centro. Bóveda de horno.

—— **encamonada.** Bóveda sin función constructiva realizada con madera y yeso. También recibe el nombre de ficticia. *Ver también* **camón; encamonado**.

—— **esviada.** Aquella cuyo eje no es perpendicular a los planos testeros.

—— **falsa.** La formada por aproximación sucesiva de hiladas horizontales en voladizo. Una vez cerrada la coronación su funcionamiento estructural es como el de cualquier bóveda.

—— **de horno.** La que tiene la forma de un cuarto de esfera o media cúpula. Se le llama también bóveda de cascarón o de cuarto de esfera. bóveda.

—— **plana.** La que tiene un intradós plano.

—— **rampante.** La generada por un arco por tranquil.

—— **en rincón de claustro.** La originada por la intersección de cañones cilíndricos de igual altura, y que arrancan de un mismo plano horizontal; presenta sus aristas o encuentros en ángulo entrante, al contrario que la bóveda de arista, de la que también se diferencia en que cada uno de sus paños tiene que apoyarse en un muro continuo, mientras que la de arista sólo insiste sobre apoyos aislados.

—— **tabicada.** Bóveda construida con ladrillos sentados de plano.

brida. Abrazadera metálica que fijada con clavos o tornillos sirve para unir o ensamblar dos vigas o maderos.

caballete. En una tejado la parte más alta, horizontal, que descansa sobre la hilera y divide las vertientes o aguas.

cabio. Madero paralelo a los pares que en una armadura sirve de soporte a la tablazón de la cubierta.

cabrestante. Máquina para ejercer esfuerzos en sentido horizontal. Es un torno con su cilindro puesto verticalmente.

cabria. Aparato compuesto de dos vigas, llamadas cabrillas, formando ángulo, o tres en forma de pabellón que sostienen una polea destinada a levantar a poca altura moles muy pesadas, mediante el esfuerzo de un torno horizontal en que se arrolla la maroma y cuyo torno va montado por lo regular entre las dos vigas que forman la cabria.

cadena. En general, conjunto de elementos unidos entre sí que atan o fortifican una fábrica. Estos elementos pueden ser barras de hierro, maderos ladrillos o sillares (unidos por grapas). || Machón de sillería, en general de mayor y menor, que se echa a trechos en un muro de fábrica para fortificarlo; su uso es frecuente en las esquinas.

caja y espiga. *Ver* **ensamble a caja y espiga.**

cajear. Abrir cajas en una pieza de madera.

cal. Producto obtenido por la calcinación de piedras calizas. Se llama cal grasa a la que proviene de la cocción de calizas que contienen menos de un décimo de materias extrañas.

calado. Motivo ornamental arquitectónico a modo de encaje. || Perforado, abierto por ventanas o huecos.

caliza. Roca de carbonato cálcico y otras substancias.

calzo. Cuña o tarugo de madera o hierro con que se afianza, ajusta o coloca en posición una pieza cualquiera.

camón. Madero o par encorvado o labrado en forma de arco en las armaduras curvas, como cúpulas y medias naranjas. || Cada una de las piezas curvas que forman la cimbra de una bóveda, y sobre las que se clavan las costillas o tablas que sostienen el material con que se construye.

canaleta. En un sillar canal por donde se vierte el plomo fundido en las cajas previamente labradas.

cantera. Explotación de donde se extrae la piedra.

cantería. Arte de labrar la piedra. || Construcción hecha de piedra labrada.

cantero. En general, el que labra la piedra. También se usa esta palabra para designar en general a los aprendices, oficiales, capataces (en su caso) y maestros que formaban las logias o gremios medievales de canteros.

cañón. *Ver* **bóveda de cañón.**

capitel. Parte superior de una columna o pilastra. Lleva molduras y elementos decorativos, lo que establece las diferencias entre los órdenes.

carga. Peso, fuerza o sistema de fuerzas que debe resistir una estructura.

—— **permanente.** Carga cuya posición y magnitud es constante a lo largo del tiempo. Está formada por el peso propio y el peso del resto de los elementos que componen la construcción de que se trate.

—— **peso propio.** La carga formada por el peso de la estructura.

—— **sobrecarga.** Carga cuya magnitud y posición puede ser variable a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la debida a la nieve o al uso (en un puente el tránsito de vehículos, etc.).

—— **de viento.** Fuerza ejercida por a presión del viento sobre una determinada superficie. En las obras de fábrica suele ser mucho más pequeña que la carga permanente, salvo en el caso de torres o agujas esbeltas, o de catedrales góticas provistas de grandes techumbres que ofrecen un gran superficie contra el viento.

carpintería. Arte de construir con madera. || Conjunto de las cosas de madera de una construcción o edificio.

carpintería de armar. La que hace armaduras, entramados y demás armazones de madera para los edificios.

carpintería de taller. La que hace ventanas, puertas, armarios, paneles y otros elementos del edificio, de función no estructural.

carrera. Viga de madera horizontal en voladizo sobre la que se apoyan otras, o que muestra sus extremos o cabezas.

carretal. Sillar toscamente desbastado, que se solía utilizar en cimientos o el interior de muros de sillería de gran espesor.

cascajo. Conjunto de piedras menudas y superficie redondeada en general que se hallan en los ríos y otros parajes. Se emplea en hormigones, para firmes y como balasto.

cáscara. Estructura superficial curva.

cascote. Fragmento de alguna fábrica derribada o arruinada que sirve luego o se utiliza en obras nuevas.

casetón. Dícese de cada uno de los compartimentos, normalmente con forma de artesa y fines decorativos, en que una cubierta o sofito queda dividido por un entramado de vigas o molduras.

castañuela. Pieza de hierro que se introduce en cajas labradas en los sillares para la elevación de éstos mediante grúa.

cella. Estancia en general, dependencia de una casa. || En la antigüedad, sala del templo donde se veneraba la imagen del dios.

celosía. Elemento calado que cierra un hueco o sustituye a un muro.

cepo. Dícese de un conjunto de dos maderos o vigas, con muescas y unidos con pasadores, entre los que se fijan otros.

cercha. En cantería, tabla curva que sirve para guiar la labra, por ejemplo, de una dovela; por extensión cercha llegó a ser sinónimo de curva. || Cimbra o armadura que sostiene un arco o una bóveda durante su construcción. Por extensión, modernamente cualquiera estructura reticulada plana de cubierta.

ciclópeo. Dícese de una construcción levantada con grandes bloques de piedra de tamaño irregurlar y sentados en seco.

cimacio. Filete o listel que separa un elemento de otro. || Elemento o parte superior de una cornisa.

cimbra. Armazón de madera arqueada por su parte superior que sirve como de molde para la construcción de arcos y bóvedas, sosteniéndolos mientras se construyen y cierran.

cimentación. Construcción que transmite las cargas de la estructura al terreno.

cincel. Herramienta de acero utilizada para labrar la piedra que consiste en una barra rematada a doble bisel por uno de sus extremos.

cisterna. Dícese de un depósito o aljibe subterráneo utilizado para la recogida y almacenamiento del agua.

clave. La dovela central que cierra un arco o bóveda. En una bóveda de cañón las claves están en una fila formando la línea de clave; en las bóvedas de crucería o arista las líneas de clave tienen forma de cruz o estrella según el número de nervios que se reúnen en su cima.

clavija. Pedazo de hierro o madera que se encaja a manera de clavo en una unión o ensambladura para asegurarla.

cloaca. Canal de desagüe del aguas pluviales e inmundas.

cobija. En un tejado teja que se asienta mostrando su cara convexa y abraza las laterales que forman canales. || Tablero que forma el alero de un tejado.

cohesión. La fuerza que tiende a mantener unidas las moléculas de los cuerpos.

colapso. Hundimiento de una estructura.

colateral. Nave lateral.

columna. Elemento arquitectónico vertical de sostén. Consta de basa, fuste (generalmente de forma cilíndrica) y capitel.

consolidar. Soldar, unir o juntar lo roto o desunido afirmándolo.

contrafuerte. Estribo o machón adosado o entregado a un muro, como refuerzo o para contrarrestar los empujes de un arco o bóveda.

contralecho. Se dice a contralecho de la colocación de una piedra en sentido contrario al que tenía en cantera, de manera que el lecho de cantera queda vertical o en la dirección de la carga.

contramuro. Muro exterior construido alrededor del muro principal.

contrapear. Con el fin de aumentar la consistencia disponer la unión de las maderas de manera que sus fibras queden cruzadas.

contrarresto. La resistencia que oponen algunos elementos arquitectónicos a los empujes ejercidos por otros. || Los elementos que ejercen dicha resistencia, como contrafuertes, estribos, machones, etc.

cornisa. Parte superior y más saliente del entablamento. || Moldura o conjunto de ellas que rematan un muro, en general para evitar que el agua de lluvia incida o resbale sobre el.

corporación. Gremio. Asociación formada por maestros, oficiales y aprendices de un mismo oficio; su actividad profesional estaba regida por ordenanzas o estatutos especiales.

correa. Madero horizontal que coge desde un cuchillo de armadura a otro; va asentado en los pares por medio de los egiones, y en él se clavan los contrapares.

cortes de cantería. Arte de definir el despiece de los aparejos de piedra, para la labra de sus sillares. *Ver también* **estereotomía**.

costillas. Listones colocados sobre los cuchillos de una cimbra, en sentido horizontal, formando la figura que ha de tener la bóveda, para enlazar los cuchillos y para el apoyo de las dovelas o ladrillos durante la construcción.

crucería. *Ver* **bóveda de crucería**.

crucero. *Ver* **arco crucero**. || En una iglesia de planta cruciforme, el área central, generalmente de planta cuadrada, que se forma en la intersección de la nave central con los transeptos.

cubierta. Conjunto de materiales que forman la superficie de una techumbre y preserva elinte-

rior de los edificios. Cubre las armaduras y, por tanto, comprende los entablados y los revestimientos exteriores.

cuchillo. La parte de una armadura o cimbra que constituye una armazón rígida, y se pone a trechos, apoyada sobre soleras en los muros, para servir a su vez de apoyo a la cubierta. Modernamente se les suele llamar cerchas.

cumbrera. En un tejado la viga superior que divide las dos vertientes en una cubierta a dos aguas. También recibe el nombre de **hilera**.

cúpula. Construcción abovedada de forma semiesférica, o aproximada, que cubre un área poligonal o circular. El paso de la planta cuadrada a la poligonal o circular, en su caso, se realiza mediante pechinas o trompas, organizando un anillo que sirve de soporte al tambor que funciona como realce de la cúpula, pudiendo tener vanos que iluminan su interior. En su parte superior puede terminar en un óculo, que puede quedar abierto o, con mayor frecuencia, ir cubierto por una linterna.

—— **doble.** La que presenta una doble cáscara.

—— **gallonada.** La que presenta su superficie dividida verticalmente por arcos, nervios o aristas que la dividen en husos que recuerdan los gajos de una naranja.

—— **nervada.** La que se compone de una osatura de arcos cruzados, que soportan paños de plementería.

—— **de paños.** La que se levanta sobre planta poligonal, componiéndose de paños de superficie cilíndrica, que se cortan como los de la bóveda en rincón de claustro.

—— **poligonal.** La que tiene una planta poligonal.

—— **simple.** La que se compone de una sola cáscara.

chambrana. Labor o motivo decorativo realizado en piedra o madera para colocar alrededor de puertas, ventanas, chimeneas, etc.

chapa. Hoja o lámina de metal, madera o cualquier otra materia.

desbastar. Dar a una piedra o pieza de madera la forma aproximada necesaria, para obtener después la forma final.

descantillar. Romper las aristas o cantos.

descimbrar. Quitar la cimbra que ha servido para construir un arco o bóveda.

desecar. Secar, extraer la humedad de alguna cosa.

deslizamiento. Fallo que se produce en la junta entre dos piedras cuando la resultante forma con el plano de la junta un ángulo superior al ángulo de rozamiento. En las fábricas terminadas este fallo se produce raramente.

despiece. Disposición de los sillares en un paramento, y más en particular de las dovelas en un arco o bóveda.

despiezo. Cortes de los sillares por donde se juntan unos con otros. || También **despiece**.

desplome. El defecto que presenta una pared, torre o construcción cualquiera por haber perdido la verticalidad.

desportillar. Dícese particularmente de las piedras o sillares a que se hacen saltar algunos trozos de sus cantos o aristas, y se usa generalmente en recíproco.

diente. Ladrillo o sillar que sobresale en una obra con el fin de trabar mejor con la parte que se construirá a continuación. *Ver también* **adaraja**.

dintel. La pieza horizontal, de cualquier material, que cierra por la parte superior una puerta o una ventana, cargando sobre las jambas y siendo de una pieza en el sentido de su longitud. *Ver también* **adintelada, arco adintelado**.

doblar. Duplicar una cantidad o cosa cualquiera.

dovela. Cada una de las piedras en forma de cuña, generalmente con una cara convexa y otra cóncava, que constituyen un arco o bóveda. Toda dovela tiene seis caras: la boquilla o intradós, el trasdós, los lechos o juntas de los costados, y las caras verticales que cuando son aparentes se llaman cabezas.

dovelaje. Recibe este nombre el conjunto ordenado de dovelas de un arco.

elasticidad. Cualidad de un material que, habiéndose deformado bajo la acción de una fuerza, recupera su forma original al desaparecer aquélla. En este texto se utiliza, hablando de las bóvedas, como capacidad para adaptarse a los movimientos.

embaldosado. Suelo pavimentado con baldosas.

embeber. Introducir un cuerpo en otro.

empalizada. Valla o cerramiento compuesto de palos o estacas hincados en tierra y enlazados unos con otros con mimbres o ramas, normalmente con carácter defensivo.

empotramiento. Apoyo de una estructura que, idealmente, ni se desplaza ni gira.

empuje. El esfuerzo que ejercen hacia afuera contra sus apoyos o estribos los arcos o bóvedas. Con frecuencia se llama «empuje» a la componente horizontal del empuje total inclinado.

encadenado. *Ver* **cadena**.

encamonado. Hecho de armazones de caña y listones. *Ver también* **bóveda encamonada.**

encasetonado. *Ver también* **casetones**.

encimbrado. *Ver* **cimbras**.

encofrado. Molde de madera o metal que contiene y da forma al hormigón durante el fraguado y después se desmonta. || Estructura de madera o metal que sirve de revestimiento y contención de paredes en pozos y galerías subterráneas.

enfoscado. Revestimiento de los muros previo al enlucido que sirve para igualar su superficie.

enlucido. Capa última de mezcla que se da a una pared para que presente una superficie unida y tersa (de cal, yeso, estuco, etc.).

ensamble, ensambladura. Unión entre dos maderos.

—— **a caja y espiga.** El realizado mediante el rebaje del extremo de uno de ellos (espiga), para introducirlo en la entalladura practicada en el otro (caja).

—— **a cola de milano.** El efectuado a base de espigas de forma trapezoidal ajustadas lateralmente en su caja.

—— **embarbillado.** El efectuado realizando barbillas.

—— **a media madera.** Aquel en que se ha practicado un rebaje en cada madero igual a la mitad de su grueso, y de una anchura similar a la del madero contrario.

entablado. Serie de tablas dispuestas ordenadamente. || Entarimado, suelo de tablas.

entablamento. Parte horizontal sustentada de un edificio, compuesto de arquitrabe, friso y cornisa, generalmente sobre columnas, pilares o pilastras. Por extensión, la estructura horizontal compuesta por molduras que sirve de remate a columnas, pilastras o pilares.

entallar. Hacer cortes en una pieza de madera para ensamblarla con otra.

entibar. Colocar un conjunto de codales para contener las paredes de una excavación o cualquier estructura que amenace derrumbamiento.

entramado. Conjunto de piezas enlazadas entre sí para formar una estructura resistente.

entrega. Parte de una pieza que se introduce en la pared o bóveda para su empotramiento.

escala. Relación entre una magnitud real y su representación. || Tamaño, generalmente en relación al hombre.

escuadrar. Labrar una pieza de madera que sus ángulos sean rectos.

escuadría. Las dos dimensiones de la sección transversal de una pieza de madera que está o ha de ser labrada a escuadra.

espiga. El extremo de un madero o hierro escaseado a escuadra todo alrededor para que encaje en el hueco abierto en otro al que se llama caja, para formar un ensamble a caja y espiga. || La pieza de madera, piedra o hierro que sirve para ligar o enlazar fuertemente a dos sillares de hiladas consecutivas, para lo cual entra en cajas abiertas en el lecho del inferior y el sobrelecho del superior. (Como por ejemplo en los tambores de las columnas de algunos templos griegos.)

esqueleto. Por semejanza con el del cuerpo humano, estructura resistente; lo mismo que armadura o armazón.

estática. Ciencia que se ocupa del estudio del equilibrio de los cuerpos.

estilobato. Basamento corrido de la columnata de un edificio.

estrías. Dícese de los canales decorativos que recorren verticalmente el fuste de las columnas y pilastras en toda su superficie.

estribo. La fábrica o machón que soporta o contrarresta el empuje de un arco o de una bóveda. *Ver también* **contrafuerte**, **contrarrestos.**

estuco. Revestimiento continuo susceptible de tomar el pulimento del mármol. Se compone de

cal y polvo de mármol, y a veces alabastro o yeso. || También se llama estuco al realizado con yeso blanco y agua de cola.

esviaje. Desviación del eje de una bóveda o arco respecto a la perpendicular al frente de la obra de que forma parte.

exedra. Ábside. Construcción de planta semicircular, especialmente la abierta.

extradós. *Ver* **trasdós**.

fábrica. Cualquier construcción o parte de ella hecha con piedra o ladrillo recibidos, en general, con mortero o argamasa. También se llaman fábricas las construcciones de adobe o tierra y hormigón en masa.

ffilete. Moldura o faja corrida muy estrecha de sección cuadrada, que normalmente separa dos de mayor tamaño. También recibe el nombre de listel, regleta o tenia.

fisura. *Ver* **grieta**.

flecha. Altura, sagita o montea de un arco.

flexión. Deformación que experimenta un sólido prismático cuando se ve sometido a fuerzas que actúan perpendicularmente a su eje longitudinal.

forro. Conjunto de tablones con que se cubre el esqueleto de la cimbra.

fraguado. Proceso de endurecimiento y solidificación de la cal, yeso, cemento, y en general de las masas.

friso. En los órdenes clásicos, franja horizontal decorativa que forma parte del entablamento y se halla situada entre el arquitrabe y la cornisa.

frontispicio. Parte delantera o fachada de una construcción. || Remate triangular de la fachada, frontón.

frontón. Remate o coronamiento triangular de la fachada de un edificio, cuyos límites son la cornisa del entablamento y las dos rampas oblicuas de una cubierta a dos aguas; el espacio interior, cuando está cerrado, se llama tímpano.

fuste. Parte vertical de la columna comprendida entre la basa y el capitel.

gajo. Cada una de las divisiones que determina cierto número de planos concurrentes en el eje de revolución de una cúpula.

generatriz. Llámase de este modo a toda configuración geométrica que es capaz de dar lugar a otra de orden superior cuando se mueve según determinadas leyes.

gola. Moldura con perfil en forma de S.

grapa. Pieza de metal plano con sus dos extremos doblados y aguzados o no, que se emplea para enlazar sillares ó maderos. *Ver también* **encadenado**.

grava. Piedra triturada para la elaboración del hormigón.

gremio. *Ver* **corporación**.

grieta. La hendedura que se produce en una fábrica como consecuencia del carácter unilateral del material, por causa de los pequeños movimientos de adaptación a las condiciones de contorno durante la construcción o la vida del edificio. Representan la propia naturaleza del material y, en sí mismas, no tienen por qué ser señal de peligro o alarma.

herraje. Conjunto de piezas de hierro o acero con que se guarnece un artefacto, como puerta, coche, cofre, etc. || Conjunto de herraduras y clavos con que éstas se aseguran.

hilada. Conjunto de piedras o ladrillos, cuyos lechos o tendeles están en un mismo plano o superficie continua. Las juntas normales a dichos lechos se llaman llagas. || Conjunto de dovelas de una misma altura, sentadas en toda la longitud de una bóveda, o en toda su circunferencia si es esférica.

hilera. En una armadura el madero horizontal de cumbrera donde rematan las cabezas de los pares.

hipogeo. En general subterráneo excavado con fines religiosos, funerarios o simplemente de hábitat.

hormigón. Mezcla compuesta de piedras menudas y argamasa de cal o cemento y arena; tradicionalmente la mezcla se realizaba in situ y se empleaba con frecuencia como relleno de muros. Se diferencia de la mampostería en el tamaño, mucho más pequeño, de las piedras.

—— **moderno.** El hormigón moderno emplea cemento portland y árido grueso y arena; se ejecuta mezclando los materiales en la hormigonera y luego se vierte en la obra.

—— **romano.** Difiere del hormigón actual en el cemento y, sobre todo, en el modo de ejecución. Los romanos utilizaban un cemento derivado de la puzolana. El hormigón se ejecutaba in situ en la obra: primero se extendía una capa de pequeñas piedras o cascotes sobre la que se vertía otra capa de argamasa, después se colocaba otra capa de piedras, se vertía de nuevo la argamasa, y así sucesivamente. El material final tiene una estructura estratificada que se aprecia con claridad en las ruinas romanas.

hueso. *Ver* **asentar a hueso**.

humedal. Terreno húmedo. || Lugar penetrado o saturado de agua.

huso esférico. Parte de la superficie de una esfera comprendida entre las dos caras de un ángulo diedro que tiene por arista un diámetro de la esfera.

imposta. La faja algo saliente que suele ejecutarse en el arranque de las bóvedas y arcos.

intercolumnio. Espacio entre columnas, normalmente medido mediante el diámetro inferior del fuste.

intradós. Superficie que limita por su parte inferior un arco o bóveda.

isódomo. *Ver* **aparejo isódomo**.

jabalcón. En general, madero colocado oblicuamente para cubrir un vano o voladizo, o para reforzar otro elemento de una armadura.

jamba. Cada uno de los elementos verticales que sostienen el arco o dintel en un vano. Superficie interna vertical de estos elementos.

labrar. Dar a los bloques de piedra que se sacan de las canteras las formas convenientes a su empleo en las obras. *Ver también* **cortes de cantería, estereotomía**.

larguero. Viga maestra colocada en sentido longitudinal para resistir las cargas en una estructura cualquiera.

lecho. La superficie superior de todo sillar sobre la que se apoya o ha de apoyarse otro. La cara inferior del sillar que se coloca encima se llama sobrelecho porque va sobre el lecho. || En una dovela de un arco o bóveda las caras laterales de contacto con las otras dovelas.

lecho de cantera. Superficie de separación de los bancos de piedra en la cantera.

lienzo. Cada trozo continuo de pared o de muro interior o exterior. || Trozo continuo de muralla en una fortificación.

ligadura. Nervio.

lima. Ángulo formado por las vertientes o faldones de una cubierta. En una armadura de cubierta, el madero que forma la arista de dicho ángulo.

listón. Tabla o madero largo y estrecho.

llave. Recibe este nombre la piedra o sillar que atizona o atraviesa todo el espesor de un muro o pilar. Se llama también perpiaño. || Anclaje metálico que enlaza sillares u otros elementos. || Clavija de madera que sirve para apretar empalmes, ensambles o acoplamientos.

losa. Piedra plana y de poco espesor, casi siempre labrada, que sirve para solar y otros usos.

luneto. Hueco practicado en una cúpula o bóveda de cañón por la intersección de otra bóveda menor.

luz. Amplitud de un hueco o vano.

macizar. Rellenar de forma compacta con mampostería, cascotes u hormigón, un hueco o cavidad para dar mayor solidez a la obra.

macizo. Parte de un muro o fábrica entre vanos, capaz de sostener.

machaqueo. En el hormigón acción y efecto de machacar o partir las piedras destinadas a su ejecución.

machón. Estribo; macizos de muro, de gran masa y tamaño, en los que estriban arcos y bóvedas. Suelen llamarse machones a los contrafuertes adosados a los muros y también a los botareles de los contrarrestos góticos.

madero. Pieza larga de madera escuadrada o rolliza.

maestro. En las logias o gremios medievales de canteros, grado adquirido tras pasar los años de aprendiz y oficial, y realizar una prueba o examen. El maestro podía ejercer su profesión con

libertad dentro del marco de los estatutos de la corporación, y tenía a su cargo e instruía a aprendices y oficiales. Sólo algunos maestros alcanzaban la dirección de la construcción de una obra importante, entonces recibían el nombre de maestros de la obra.

mampostería. Obra de fábrica a base de piedras sin labrar, o poco labradas, aparejadas a veces sin orden de hiladas o tamaños y unidas con argamasa.

—— **concertada.** Cuando las juntas de unión entre las piedras forman un contacto más o menos uniforme.

mampuesto. Piedra sin labrar o toscamente labrada que puede ser colocada en una obra de fábrica con la mano.

máquinas de asalto. Estructuras empleadas en las guerras para destruir o asaltar murallas.

mechinales. Dícese de los orificios que se dejan en una pared o muro para ir metiendo en ellos los maderos horizontales de un andamio durante la construcción.

ménsula. Miembro que sobresale del plano en el que está puesto y que sirve para recibir o sostener alguna cosa. Generalmente su altura es menor que su vuelo.

moldura. Pieza de ornamentación longitudinal de determinado perfil.

monolito. Piedra de una sola pieza.

montacaballo. Disposición de las dovelas de un arco de modo que, por su parte superior, formen un cuerpo con la hilada que llega hasta ellas.

montante. *Ver* **pie derecho**.

mortero. Mezcla de cal o cemento, arena y agua, principalmente.

muro. Obra de fábrica en la que el espesor es pequeño en relación con la altura y anchura, y que en general sirve para cerrar un espacio.

—— **de carga.** El que tiene función estructural o portante, debiendo ser capaz de transmitir ciertas cargas.

—— **de contención.** El que se emplear para contener las tierras, oponiendo su peso al empuje del terreno.

nacimiento. En un arco o bóveda, el arranque.

nervadura. Nervio. || Conjunto de nervios.

nervio. Arco que cruzándose con otro u otros, sirve para formar la bóveda de crucería; es decir, los terceletes, ligaduras y arcos cruceros, perpiaños y formeros. En general, cualquier resalto sobre una bóveda. *Ver también* **arco**.

nicho. Cavidad practicada en el espesor de un muro, de planta semicircular, cuadrada o poligonal. Cuando la planta es semicircular va coronada, en general, por una bóveda de hormo o de cuarto de esfera.

nudillo. En una armadura de palomillas, madero horizontal que se proyecta desde la cabeza del muro del muro de fábrica y apoyado en su extremo sobre un jabalcón recto o curvo. || En una

armadura de pares, madero horizontal o puente que se inserta entre ellos a cierta altura entre la cumbrera y los arranques, con el fin de disminuir la deformación de aquéllos.

óculo. Apertura circular o elíptica en el coronamiento de las cúpulas.
odeón. En Grecia, y después en Roma, teatro generalmente cubierto destinado a espectáculos musicales.
ojiva. *Ver* **arco ojival**.
orejuela. Pequeño saliente de un elemento que facilita su manipulación y colocación. También se conoce como tetón o pitón.

pandeo. Fallo por inestabilidad de un elemento esbelto cargado a lo largo de su eje.
par. En una armadura de cubierta, cada uno de los maderos dispuestos con la inclinación del tejado para formar la pendiente del mismo y servir de apoyo a las correas.
paramento. Cualquiera de las dos caras de un muro. || Cualquiera de las caras de un sillar.
parecillos. *Ver* **cabios**.
pechina. Sistema constructivo que permite superponer dos estructuras de diferente trazado geométrico, como una cúpula octogonal o circular sobre una base cuadrada formada por cuatro arcos torales. Consiste en disponer en los ángulos de asentamiento triángulos o trapecios curvilíneos definidos por el anillo de la cúpula y los arcos torales. *Ver también* **trompa**.
pendolón. En un armadura de cubierta el madero vertical que une la hilera con el puente o con el tirante.
peperino. Roca de origen volcánico, blanda, usada en Roma en la época de la República. *Ver también* **travertino**, **tufo**.
peralte. Lo que excede en altura un arco o bóveda de su propia semiluz.
perno. Tornillo con cabeza y tuerca.
perpiaño. Llave, piedra que, dispuesta a tizón, atraviesa un muro o pared. || *Ver* **arco perpiaño**.
pie. Unidad tradicional para medir longitudes que mide aproximadamente como el pie del hombre. Las medidas concretas variaban en función de la época y del lugar. En Roma el pie medía 29,55 cm, el pie castellano medía unos 28 cm, el antiguo *pied royal* francés medía 32,5 cm y el pie inglés estándar mide unos 30,5 cm. El pie se dividía tradicionalmente en 12 pulgadas o 4 palmos (cada palmo consta de 4 dedos).
pie derecho. Elemento vertical de una estructura que funciona como soporte.
piedra pómez. Materia feldespática en estado amorfo acompañada de bastante sílice y origen volcánico. De colores claros, su estructura es cavernosa o celular, de gran porosidad y aspereza.
pila. En un puente de fábrica, el machón situado entre dos arcos consecutivos.
pilar. Soporte vertical.

pilastra. Elemento vertical adosado a un muro, de sección rectangular o poligonal, generalmente de función ornamental.

pisón. Pedazo de madera redondo en forma de cono recto truncado, que tiene en la cara superior clavado perpendicularmente un mango. Sirve para asentar los empedrados de las calles, caminos, y también se utilizó en la colocación del hormigón de las fábricas romanas.

plantilla. Patrón empleado para determinar el perfil de una piedra durante su labra.

platabanda. *Ver* **arco adintelado**.

plataforma. Dícese de la superficie plana y allanada para construir los cimientos de una edificación. || Cubierta horizontal de algunas construcciones.

plementería. Conjunto de los plementos que forman una bóveda de crucería.

plementos. Paños de sillarejo o mampostería, aparejados por hiladas, que cierran los compartimentos de las bóvedas de crucería, cargando sobre los arcos de osatura (nervios). Para los plementos se elegía, en general, la piedra más ligera disponible.

polipasto. Sistema de poleas, donde una se mantiene fija y el resto son móviles.

portante. Dícese de la parte de una construcción que transmite o es capaz de transmitir cargas.

pórtico. Sitio cubierto y con columnas construido delante de un edificio. || Atrio o galería con columnas o arcos construido delante de un edificio. || Claustro o patio cercado de columnas o pilares.

puente. Plataforma horizontal sobre la que se trabaja en los andamios.

pulgada. *Ver* **pie**.

puntal. Madero y en general cualquier elemento que funciona como apoyo o sostén provisional de una pared, techo, etc.

puzolana. Roca volcánica que amasada con cal apagada forma un mortero hidráulico (puede fraguar debajo del agua).

recibir. Sentar. || Sujetar con argamasa una cosa que se introduce en la obra, como un madero, una argolla o los marcos de las ventanas.

repaso. *Ver* **retundir**.

replantear. Trazar la planta de un edificio a construir sobre el terreno o el plano de cimientos.

resalto. Vuelo o parte saliente de un elemento respecto a la fachada o paramentos contiguos.

resistencia. Capacidad de una estructura para resistir las cargas que debe soportar. || Tensión que puede soportar un material. En general, se distinguen tres tipos de resistencias: de compresión, de tracción y de cortadura.

retracción. Disminución de tamaño que sufren los materiales al fraguar.

retranqueo. Dícese del plano o el cuerpo que se retira más atrás de la alineación general.

retundir. Rellenar las juntas y alisar la superficie de un paramento tras su construcción.

revestimiento. Recibe este nombre todo tipo de recubrimiento de una superficie, ya sea su función protectora u ornamental.

revoco. Revestimiento continuo exterior de mortero de cal, yeso, cemento, o mixto, que se aplica en una o más capas a un paramento, con el fin de mejorar la superficie de acabado del mismo. || Cubrir con un mortero una obra de mampostería.

rigidez. Cualidad de una estructura que no se deforma excesivamente bajo la acción de las cargas que tiene que soportar.

riñón. En un arco o bóveda la zona del trasdós comprendida, aproximadamente, en la primera mitad de su altura. *Ver también* **seno.**

riostra. Pieza cuya función es asegurar la indeformabilidad de una estructura, de un armazón o de un ángulo. Suele ir en general dispuesta en forma oblicua.

ripias. Tablas de madera delgadas, desiguales y sin pulir.

rollizo. Madero redondo, descortezado y sin labrar.

salmer. En un arco, la primera dovela, cortada en plano inclinado, que inicia el arranque del mismo. También se ha llamado salmeres, como ocurre en este texto, a las primeras piezas cuando están separadas por planos horizontales.

sentar. Colocar en obra un sillar, un madero, etc., afirmándolo en el sitio en que ha de permanecer y en situación conveniente y estable.

—— **a hueso, en seco.** Sentar la piedra o ladrillo en obra sin mortero.

sillar. Piedra escuadrada que se emplea en la construcción.

sillarejo. Sillar pequeño escuadrado o toscamente labrado, y que no abarca generalmente el espesor del muro.

sillería. Obra de fábrica construida a base de sillares, en particular cuando éstos están bien labrados. Las juntas son siempre horizontales y verticales. En la auténtica sillería los tendeles son continuos de manera que los sillares de una misma hilada tienen todos la misma altura.

sobrelecho. Cara inferior de un sillar que apoya sobre el lecho del sillar situado debajo.

soga. Ladrillo o sillar dispuesto en un muro con su lado mayor paralelo al paramento. || La cara visible de un sillar cuando es la mayor. *Ver también* Aparejo a soga; a soga y tizón.

tabicada. *Ver* **bóveda tabicada.**

tablazón. En una armadura la serie de tablas que forman la cubierta apoyándose encima de los pares, contrapares o cabios.

tablero. Tabla o conjunto de tablas unidas por el canto con una superficie plana y alisada, y barrotes atravesados por la cara opuesta o en los bordes, para evitar el alabeo.

taco. *Ver* **espiga.**

tajamar. En una pila de un puente, la cara apuntada en forma de quilla, dispuesta para romper la fuerza del agua.

tajo. Sitio hasta donde llega en su faena la cuadrilla de operarios que trabaja avanzando sobre el terreno, como taladores, mineros, obreros, etc.

tallar. Esculpir o labrar con cincel u otra herramienta la piedra, la madera, etc.

taller de cantería. Taller donde se labra la piedra para la construcción.

tambor. En el fuste de una columna, cada una de las piedras cilíndricas o troncocónicas, con o sin estrías, que lo componen. || Muro de planta circular o poligonal que soporta una cúpula.

tapial. Dícese de una tapia construida a base de barro apisonado. || Molde formado por dos tableros paralelos, unidos normalmente por costales y agujas para la construcción de tapias. || Cada uno de los tableros que componen el encofrado o molde.

techumbre. Cubierta de un edificio tomada en conjunto, con los distintos elementos de sus estructura y cubierta.

tenaza. Herramienta metálica utilizada para el levantamiento de las piedras, que está formada por dos brazos cruzados y unidos por un eje que permite abrirlos y cerrarlos.

terraplén. Macizo de tierra excavada con que se rellena un hueco o se levanta el nivel del terreno.

tesela. Cada uno de los pequeños paralelepípedos de madera, piedra, mármol, pasta, etc., con que se compone un mosaico.

tetón. *Ver* **orejuela**.

tímpano. En un frontón la superficie comprendida entre las molduras y cornisas del mismo. || De un arco, arcatura o bóveda, las enjutas o muros que apoyan sobre él. || Cuando el vano del arco o bóveda está cegado por un muro, es la parte de dicho muro comprendida entre el intradós y la línea que une los arranques.

tirada. Se llama tirada o atacadura a la banda longitudinal y estrecha que se labra sobre la piedra con el cincel, para definir aristas o elementos de referencia.

tirante. Elemento recto de hierro o madera que se coloca en los arcos o bóvedas y en las armaduras de madera para absorber la componente horizontal del empuje. De esta manera, los apoyos reciben sólo cargas verticales.

tizón. Perpiaño, sillar que atraviesa todo el muro. También, sillar o ladrillo colocado con su dirección más larga perpendicular al paramento. *Ver también* Aparejo a soga y tizón; a tizón.

toba. Piedra de origen volcánico, porosa y de poco peso.

tongada. Capa de tierra, hormigón u otro material, de poco espesor respecto de la superficie que ocupa, que se extiende sobre otra.

tornapunta. Pieza de madera o hierro que se coloca inclinada para sostener o apear.

tramo. Cada uno de los espacios en que los arcos fajones o perpiaños dividen una nave.

trasdós. En un arco o una bóveda, es la superficie que los limita por la parte superior y externa, concéntricamente con el intradós, o aproximadamente.

trasdosar. Recrecer o rellenar el trasdós de un arco o una bóveda.

travertino. Piedra calcárea, con cavidades, que se extraía en las canteras de Tívoli, y cuyo uso

se generaliza en los últimos tiempos de la República por su mejor calidad respecto al tufo y al peperino.

traza. Plano, dibujo o diseño de un edificio o parte de él, o trazado que sirve a su construcción. || En geometría, la huella o intersección con el plano horizontal u otro plano de proyección.

trompa. Sistema constructivo que permite superponer dos estructuras de diferente trazado geométrico, como una cúpula octogonal o circular sobre una base cuadrada formada por cuatro arcos torales. Consiste en disponer en los ángulos de superposición de ambas estructuras unas pequeñas bovedillas generalmente semicónicas proyectadas hacia fuera del muro. *Ver también* **pechina.**

tufo. Roca volcánica muy porosa, fácil de trabajar pero de poca consistencia. *Ver tam bién* **peperino, travertino.**

unión. *Ver* **ensamble.**

vaciado. De vaciar, estar vacío. || Excavación.

vano. Parte del muro o fábrica en que no hay apoyo para el techo o bóveda, como son los huecos de ventanas o puertas y los intercolumnios. Se opone al macizo en la planta.

verdugada. Hilada horizontal de ladrillos intercalada en obra de otro material.

viaducto. En carreteras y vías férreas construcción destinada a salvar las irregularidades del terreno.

viga. Elemento estructural lineal que recibe cargas en dirección transversal a su eje longitudinal, produciéndose esfuerzos de flexión y cortadura.

—— **armada.** Viga de madera, simple, sometida a las tensiones de un tensor metálico de refuerzo.

—— **maestra.** Viga que soporta el peso de una pared o de otras vigas secundarias con el fin de reducir el vano del espacio a cubrir.

viguería. Conjunto de vigas de una fábrica o edificio.

voladizo. Elemento que vuela o sobresale de las paredes o edificios.

voltear. Abovedar, construir un arco o una bóveda.

vomitorio. Cada uno de los accesos al graderío desde los pasillos o galerías interiores en los edificios destinados a espectáculos públicos.

vuelo. Parte de una fábrica que forma saliente en el paramento que la sostiene.

zanja. Excavación larga y estrecha donde se construyen los cimientos de un edificio o se instalan conducciones, tendidos eléctricos, etc.

Bibliografía

Esta bibliografía recoge y amplía en algún título la elaborada por Robin Middleton en «August Choisy, Historian: 1841–1909», *International Architect* 1, nº 5 (1981): 37–42.

Obras de Choisy

1865 «Étude des procédés de construction usités chez les Grecs et des principes de leur architecture», manuscrito.

1865 «Note sur la courbure dissymétrique des degrés qui limitent au couchant de la plateforme du Parthénon», *Comptes-rendus de l'Academie des Inscriptions et Belles Lettres*, París. (También en París: Donnaud, 1866.)

1871 «L'économie dans la construction romaine», *Bulletin mensuel de la société centrale des architectes*, 24–26.

1872 «Étude sur les corporations ouvrières dans l'Empire romain», *Bulletin de la société de législation comparée*, (enero): 29–55. (También en *Essai sur l'organisation des classes ouvrières chez les Romains*. París: Cusset, s.d. [1873].)

1873 *L'art de bâtir chez les Romains*. París: Libraire générale de l'architectura et des travaux publics Ducher et Cie. (Facsímil en Bolonia: Arnaldo Forni, 1969.)

1874 «L'architecte chez les romains», *Revue archéologique*, (octubre): 260–267. (Separata en 1875.)

1876 *L'Asie Mineure et les Turcs en 1875. Souvenirs de voyage*. París: Didot.

1876 «Note sur la construction des voûtes sans cintrage pendant la période byzantine», *Annales des Ponts et Chaussées* 12 (2º sem.): 439–449.

1876 «Marques d'ouvriers byzantins», *Revue archéologique*, (abril): 260–267.

1876 «Note sur les tombeaux lydiens de Sardes», *Revue archéologique*, (agosto): 73–81.

1877 «Exposé sur l'organisations des corporations de métiers chez les populations grecques de l'Empire Ottoman: faits recueillis dans le cours d'un voyage accompli en 1875», *Bulletins de la Société internationale des études practiques d'economie sociale* 5 (1875–1877): 564–587.

1880 *Chemin de fer trans-saharien. Étude des lignes de Biskra à Laghouat. Rapport provisoire sur les travaux de la mission*. París.

1881 *Le Sahara, souvenirs d'une mission à Goléah*. París: E.Plon.

1881 «Le Sahara, Observations sur les races, les moeurs et la propiété», *Bulletins de la Société internationale des études practiques d'economie sociale* 8 (1881–1883): 25–40.

1883 *L'art de bâtir chez les Byzantins*. París: Société Anonyme des Publications Périodiques. (Facsímil: Bolonia, Arnaldo Forni, 1978.)

1883–84 *Études épigraphiques sur l'architecture grecque. I, L'Arsenal du Pirée, d'après le devis original des travaux. II, Les Murs d'Athènes, d'après le devis de leur restauration. III, L'Erechteion, d'après les pièces originales de la comptabilité des travaux. IV, Un Devis de travaux publics à Livadie.*, París: Libraire de la Société Anonyme des Publications Périodiques.

1887 «Les fouilles de Suse et l'art antique de la Perse», *Gazette archéologique* 12: 182–197.

1888 «Notice nécrologique sur Alfred-Durand Claye», *Annales des Ponts et Chaussées* 2: 505–522.

1890–95 *Chemin de fer transsaharien. Documents relatifs à la mission dirigée au sud de l'Argérie.*, París: Imprimirie Nationale, 2 vols. de texto y 1 vol. de láminas.

1892 «Combinations of equilibrium at St Sophia and in buildings which originate from it» (traducido de *L'Art de bâtir chez les byzantins*, cap. 12), *Transactions of the Royal Institute of British Architects* 8: 250–257.

1899 *Histoire de l'architecture*. París: Gauthier-Villars, 2 vols. (Facsímil en París: Bibliothèque de l'image, 1996. Traducción al castellano en Buenos Aires: Victor Leru, 1980.)

1901 *Exposition Universelle internationale de 1900 à Paris. Rapports du Jury International. Classe 29: modèles, plans et dessins de travaux publics. Rapport de M.Fernand de Dartein...et de M.August Choisy*, París: Imprimirie Nationale.

1901 «Notice sur la vie et les travaux de Victor Fournié», *Annales des Ponts et Chaussées. Mémoires et documents* 1: V–XIV.

1904 *L'art de bâtir chez les Égyptiens*. París: Rouveyre. (Facsímil: en Bolonia, Arnaldo Forni, 1977.)

1904 «Note sur deux épures égyptiennes conservées à Edfou», *Journal of the Royal Institute of British Architects* 11 (1903–1904): 503–505.

1904 «M. Choisy's Reply», *Journal of the Royal Institute of British Architects* 11, nº 16: 451–452. (Breve discurso de Choisy al recibir la medalla de oro del RIBA. También en «Remise de la Medaille d'or du Roi à M.Auguste Choisy», *Annales des Ponts et Chausées* 4 (1904): 211–218.)

1905 «Compte-rendu: "Le calcul simplifié par les procedés mécaniques et graphiques" par M.Maurice D'Ocagne», *Annales des Ponts et Chaussées* 1:283–285.

1908 «Compte-rendu: "Les Ports de la Grèce dans l'antiquité qui subsistent encore" par Athan S. Georgiades», *Annales des Ponts et Chaussées* 1:149–150.

1909–10 *Vitruve*. París: Imprimirie-Libraire Lahure, 4 vols. (Facsímil en París: F. de Novelle, 1971, 2 vols.)

Sobre Choisy

1874 Reynaud, L. «L'art de bâtir chez les Romains», *Annales des Ponts et Chaussées* 7:215–226. (Reseña.)

1884 Darcel, J. «L'art de bâtir chez les Byzantins, par A.Choisy», *Annales des Ponts et Chausées* 2:245–259. (Reseña.)

1898 Aitchison, G. «M.Auguste Choisy's History of Architecture», *Journal of the Royal Institute of British Architects* 6 (1898–1899): 69–70. (Reseña.)

1899 Dartein, Ferdinand de. «Histoire de l'architecture», *Annales des Ponts et Chausées*, (1er trimestre): 312–321. (Reseña.)

1904 Dartein, Ferdinand de. «L'art de bâtir chez les Egyptiens», *Annales des Ponts et Chausées* 1:263–268. (Reseña.)

1904 Dartein, Ferdinand de. «M.Choisy», *The Builder's Journal*, (17 feb.): 76.

1904 «The Royal Gold Medal. Presentation to M. Auguste Choisy», *Journal of the Royal Institute of British Architects* 11, nº 16: 449–452. (Discurso de Aston Webb, respuesta de Choisy, y otras intervenciones. Con fotografía.)

1904 «Remise de la Medaille d'or du Roi à M.Auguste Choisy», *Annales des Ponts et Chausées* 4:211–218. (Discurso de Aston Webb y respuesta de Choisy.)

1904 Spiers, R.Phené. «Egyptian Architecture», *Journal of the Royal Institute of British Architects* 11 (enero): 161–162. (Reseña de *L'art de bâtir chez les Égyptiens.*)

1909 «Obituary», *The Building News*, (24 sept.): 454.

1909 «Obituary. M. Choisy», *The Builder*, (25 sept.): 342.

1909 Lefèbre-Pontalis, E. «Necrologie. August Choisy», *Bulletin Monumental* 73:356–357.

1909 «M. Auguste Choisy», *L'Architecture* 22:341–342. (Con fotografía.)

1909–10 «Nécrologie M. August Choisy», *La Construction Moderne* 25:11

1910 Dartein, Ferdinand de. «Notice sur la vie et les travaux de M.Auguste Choisy», *Annales des Ponts et Chausées* 3:7–46.

1910 Aubert, Marcel. «Chronik. Auguste Choisy», *Zeitschrft für Geschichte der Architektur*, 55–61.

1930 D'Ocagne, Maurice. «August Choisy et l'art de bâtir chez les anciens», en *Hommes et choses de science*. París: Vuibert, 182–218. (Conferencia dada en la École Polytechnique el 13 de Junio de 1929. También publicada en Maurice D'Ocagne.

August Choisy et l'art de bâtir chez les anciens. Vannes: Imprimirie Lafolye et J. de Lamarzelle, 1930.)

1960 Royer, Jean. «A propos des Notes de voyage et Carnets de croquis d'Auguste Choisy», *Academie des Beaux-Arts* (1959–60): 53–59.

1960 Banham, Reyner. «Choisy: racionalismo y técnica», en *Teoría y diseño arquitectónico en la era de la máquina*. Buenos Aires: Nueva Visión, 1965, 27–40. (*Theory and Design in the Firts Machine Age*. London: The Architectural Press, 1960.)

1971 Pouillon, Fernand. «Préface» a la edición facsímil de A.Choisy. *Vitruve*. París: F. de Novelle, VII–xiv. (Reproducido en Fernand Pouillon. *Auguste Choisy*. París: Altamira, 1994.)

1981 Middleton, Robin. «Auguste Choisy, Historian: 1841–1909», *International Architect* 1, nº5: 37–42.

1981 Bois, Yve-Alain. «Metamorphoses of axonometry», *Daidalos* 1:41–59. (También en *De Stijl. De Nieuwe Beelding in de architectuur. Neo Plasticism in Architecture*. Delft: Haags Gemeentemuseum, Delft Univ.Press, 1983.)

1984 Bois, Yve-Alain. «Avatars de l'axonometrie», en *Images et Imaginaires d'Architecture*. París: Pompidou, 129–134.

1987 Etlin, Richard A. «Le Corbusier, Choisy, and French Hellenism: The Search for a New Architecture», *Art Bulletin* 69:264–278.

1991 Jacques, Annie. «Présentation» de la edición facsímil de A.Choisy. *Histoire de l'architecture*. París: Inter-Livres, 1991.

1994 Pouillon, Fernand. *Auguste Choisy*. París: Altamira.

1995 Goalen, Martin. «Greece seen from Rome (and Paris)», en *Architecture and the sites of history: interpretations of buildings and cities*. Oxford: Butterworth Architecture, 23–37.

1996 Bressani, Martin. «Opposition et équilibre: le rationalisme organique de Viollet-le-Duc», *Revue de l'art* 112:28–37.

Índice alfabético

Los números en cursiva se refieren a páginas en las que aparece una ilustración relacionada con la entrada correspondiente o con el autor citado. Las láminas llevan numeración romana.

Láminas

Nota sobre el sistema de representación adoptado

Los dibujos siguientes son, o bien proyecciones, o bien figuras obtenidas reduciendo según una escala determinada las líneas paralelas a los ejes graduados indicados en cada una de las láminas; estas representaciones convencionales se han preferido a las perspectivas habituales para facilitar la medición.

Además, con el fin de poder comparar mejor las figuras se ha procurado utilizar para todas las láminas relativas a las bóvedas de hormigón una escala de reducción uniforme de, aproximadamente, 1/160 [1/100 en la edición original].

Clasificación de las láminas

CONSTRUCCIONES DE HORMIGÓN

Bóvedas de cañón

CAÑONES CON ARMADURAS DE ROSCA DE LADRILLO

I Palatino

II 1. Acueducto próximo a San Esteban el Redondo

2. El Coliseo

III Basílica de Constantino

CAÑONES SOBRE ARMADURAS TABICADAS

IV 1. Circo de Majencio

2. Termas de Caracalla

3. Tumba en la vía Apia

4. Huellas del armazón en la cisterna de las Siete salas

V Termas de Caracalla

COMBINACIÓN DE LOS DOS SISTEMAS

VI Palatino

Bóvedas de arista

BÓVEDAS DE ARISTA CON ARMADURAS DIAGONALES SIMPLES

VII 1. Palatino

BÓVEDAS DE ARISTA CON ARMADURAS DIAGONALES DOBLES

2. Arco de Jano Cuadrifronte

BÓVEDAS DE ARISTA CON ARMADURAS DIAGONALES TRIPLES

VIII Palatino

BÓVEDAS DE ARISTA CON ARMADURAS DIAGONALES Y TRANSVERSALES

IX Termas de Diocleciano

Bóvedas esféricas

BÓVEDAS ESFÉRICAS CON ARMADURAS DE ROSCA DE LADRILLO

X Termas de Agripa

XI Templo de Minerva Médica

BÓVEDAS ESFÉRICAS SOBRE ARMADURAS TABICADAS

XII Termas de Caracalla

XIII El Panteón

CASOS PARTICULARES; DETALLES DIVERSOS

XIV 1. Nichos esféricos de aligeramiento en la villa Adriana

2. Base del acueducto próximo a San Juan de Letrán

XV 1. Arco de descarga en el Panteón

2. Arco existente en el puerto de Ripa Grande

3. Arco en la torre conocida como templo de Jano, en Autun

4. Arco en el mausoleo de Augusto

5, 6. Nichos en el teatro de Taormina

CONSTRUCCIONES DE SILLERÍA

Bóvedas de sillería

CAÑONES CON NERVADURAS

XVI 1. Templo de Diana en Nimes

Cañones con nervaduras ligadas a los paños

2, 2 *bis* Arco de la ribera derecha del viaducto de Narni

Cañones con enlosado horizontal sobre nervaduras

3. Arena de Arlés

CAÑONES DE ARCOS YUXTAPUESTOS

XVII 1. Arena de Arlés

SUSTITUCIÓN DE LAS BÓVEDAS DE ARISTA POR ENLOSADOS

2. Mausoleo en Saint-Rémy

3. Monumento en la Plataforma del Aiguilhe, en Vienne

BÓVEDAS EN BAJADA

XVIII Hipogeo en el bosque de Retz (Aisne)

XIX Hipogeo en Vivières (Aisne)

BÓVEDAS ESVIADAS

XX Arco en Perugia

BÓVEDAS EN BAJADA

XXI Puente sobre el Nera, en Narni

Organización de las obras; origen griego de los métodos romanos

XXII 1. Aparejo de una galería en el Coliseo

2. Aparejo de una galería en el anfiteatro de Verona

3, 4 Detalles de las puertas del anfiteatro de Verona

XXIII Un templo griego con los sillares en estado de desbaste: Segesta

XXIV Empleo de la piedra a contralecho en el gran templo de Paestum

1. Sección transversal

2. Arquitrabe superior de la cella

3. Arquitrabe inferior

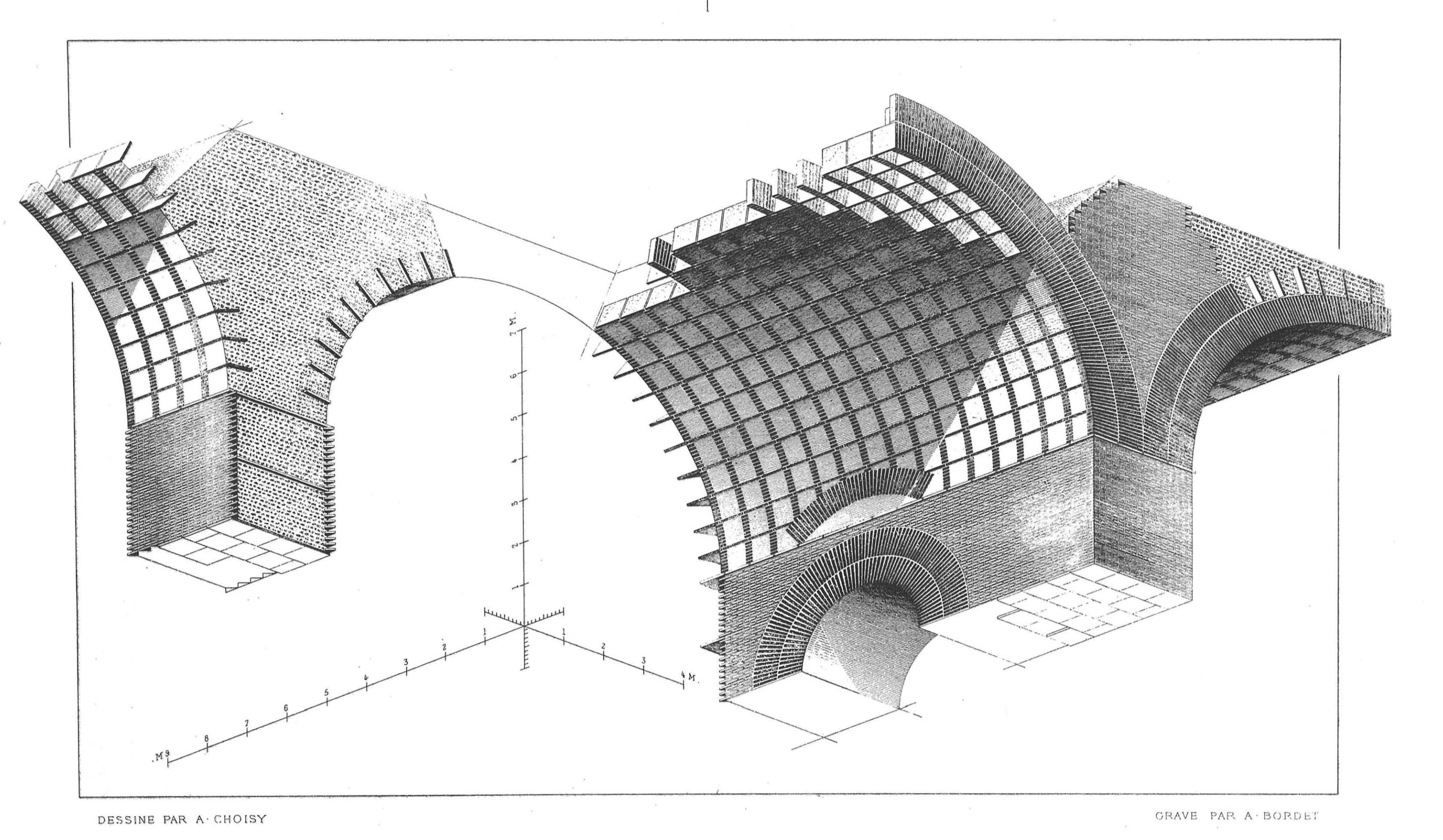
Detalles análogos tomados del templo de Egina

4. Sección transversal

5. Arquitrabe inferior de la cella

Lámina I

El Palatino, Roma



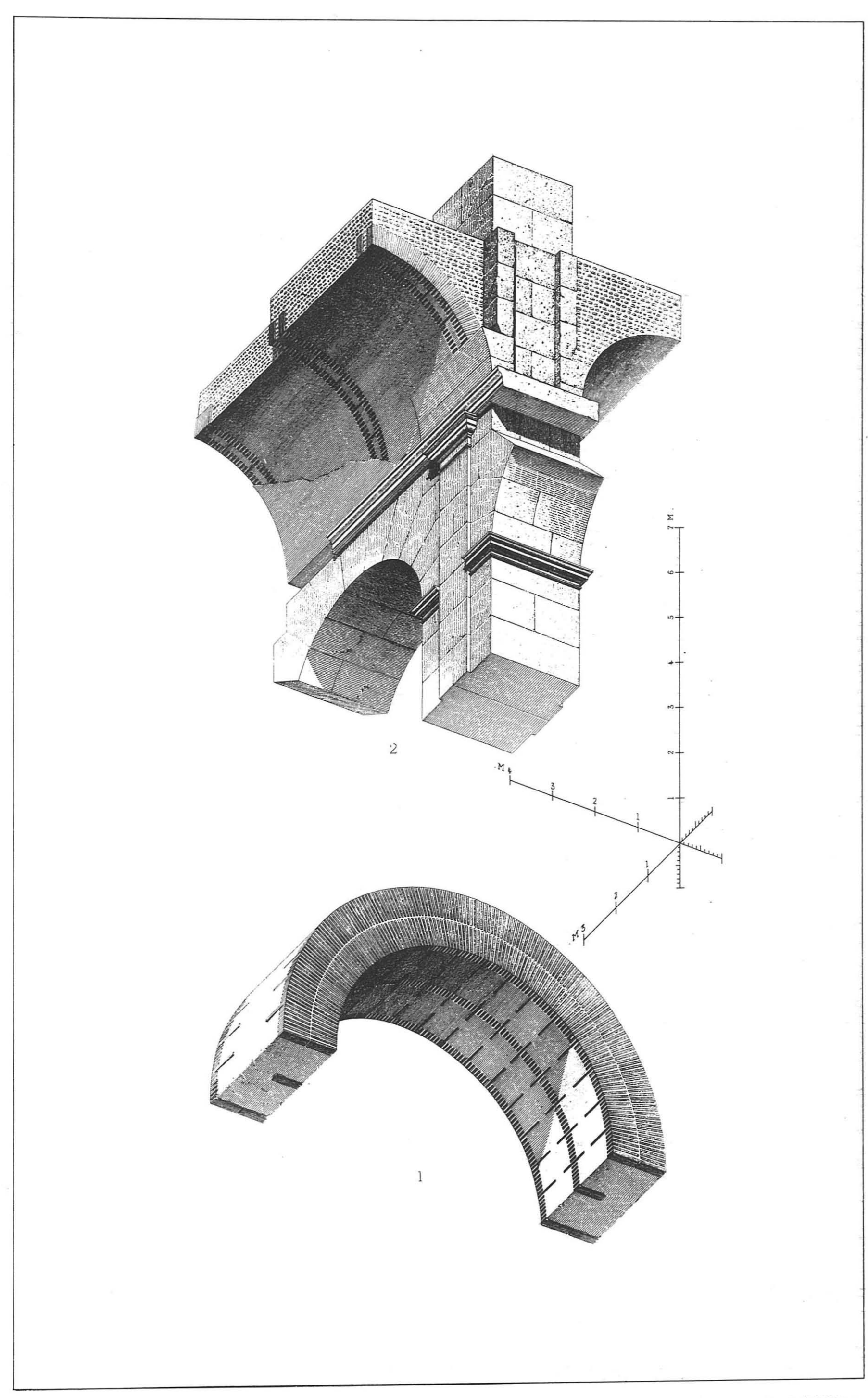
DESSINE PAR A· CHOISY

GRAVE PAR A· BORDET

PALATIN

Lámina II

1. Acueducto próximo a la iglesia de San Esteban Rotondo, Roma
2. El Coliseo, Roma



DESSINÉ PAR A. CHOISY

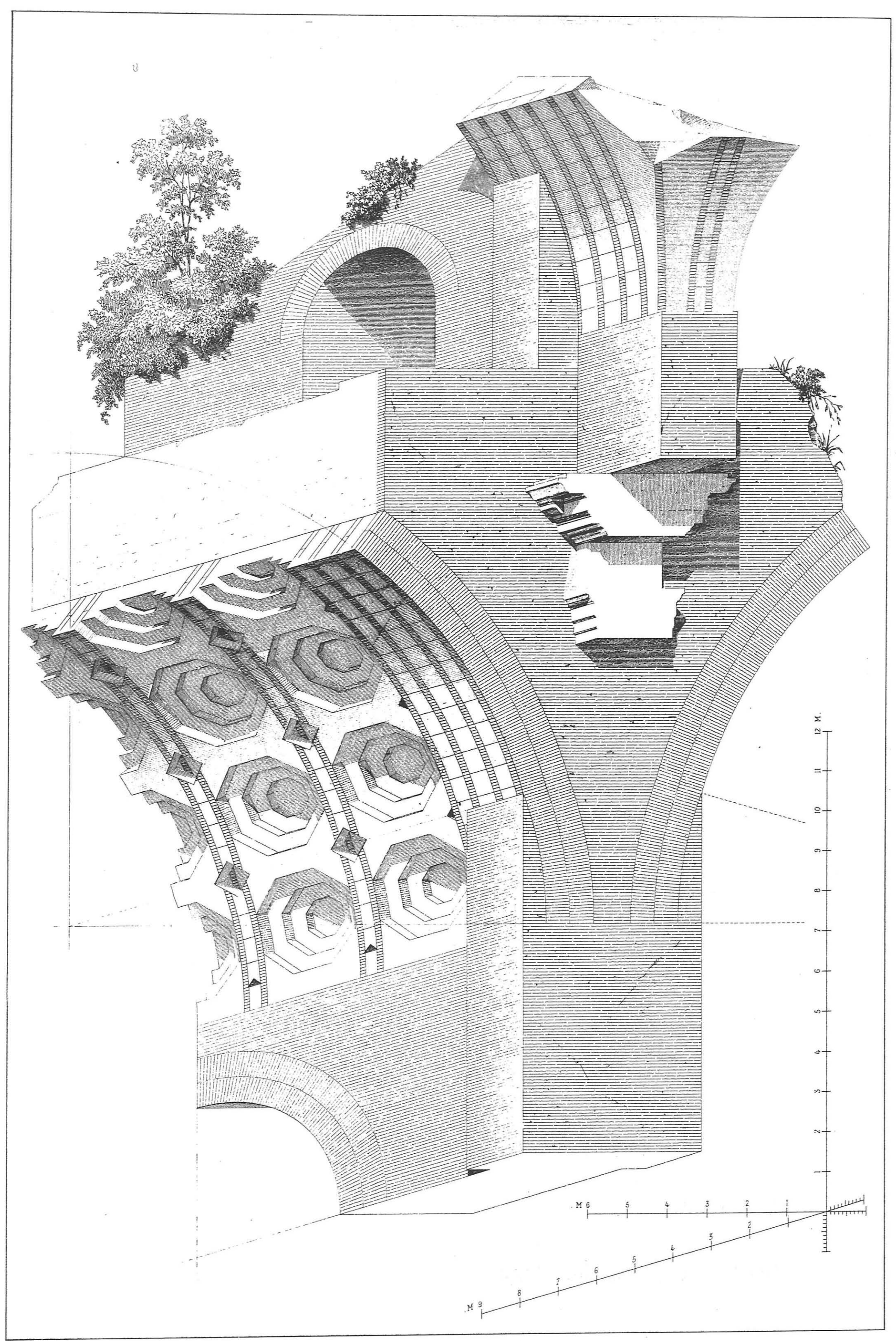
GRAVÉ PAR J. BURY

1 AQUEDUC PRES St-ETIENNE LE ROND

2 COLISEE.

Lámina III

Basílica de Constantino, Roma



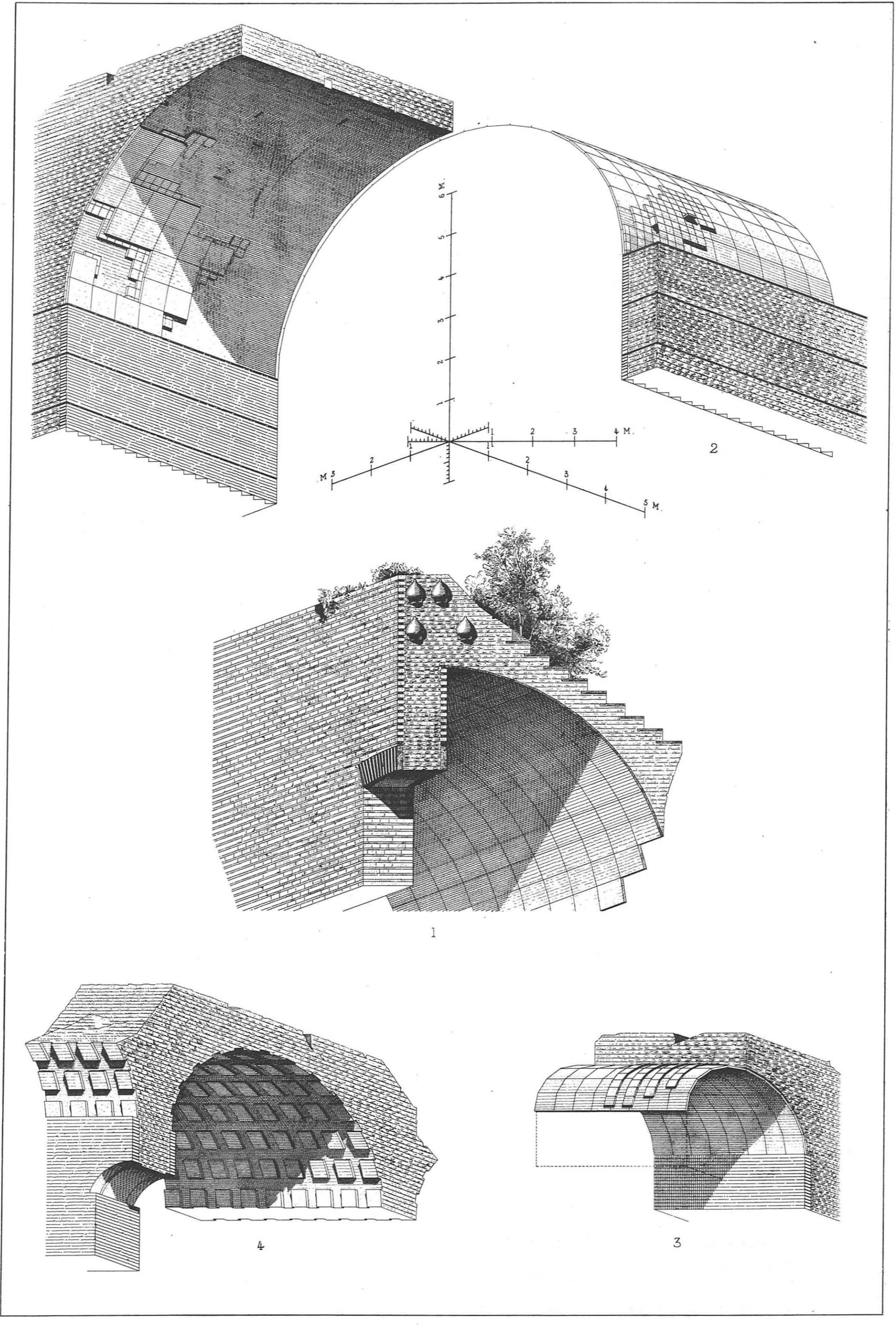
DESSINÉ PAR A. CHOISY

GRAVÉ PAR A. BORDET

BASILIQUE DE CONSTANTIN

Lámina IV

1. Circo de Majencio, Roma
2. Termas de Caracalla, Roma
3. Tumba en la vía Apia, Roma
4. Cisterna de las Siete salas, Roma



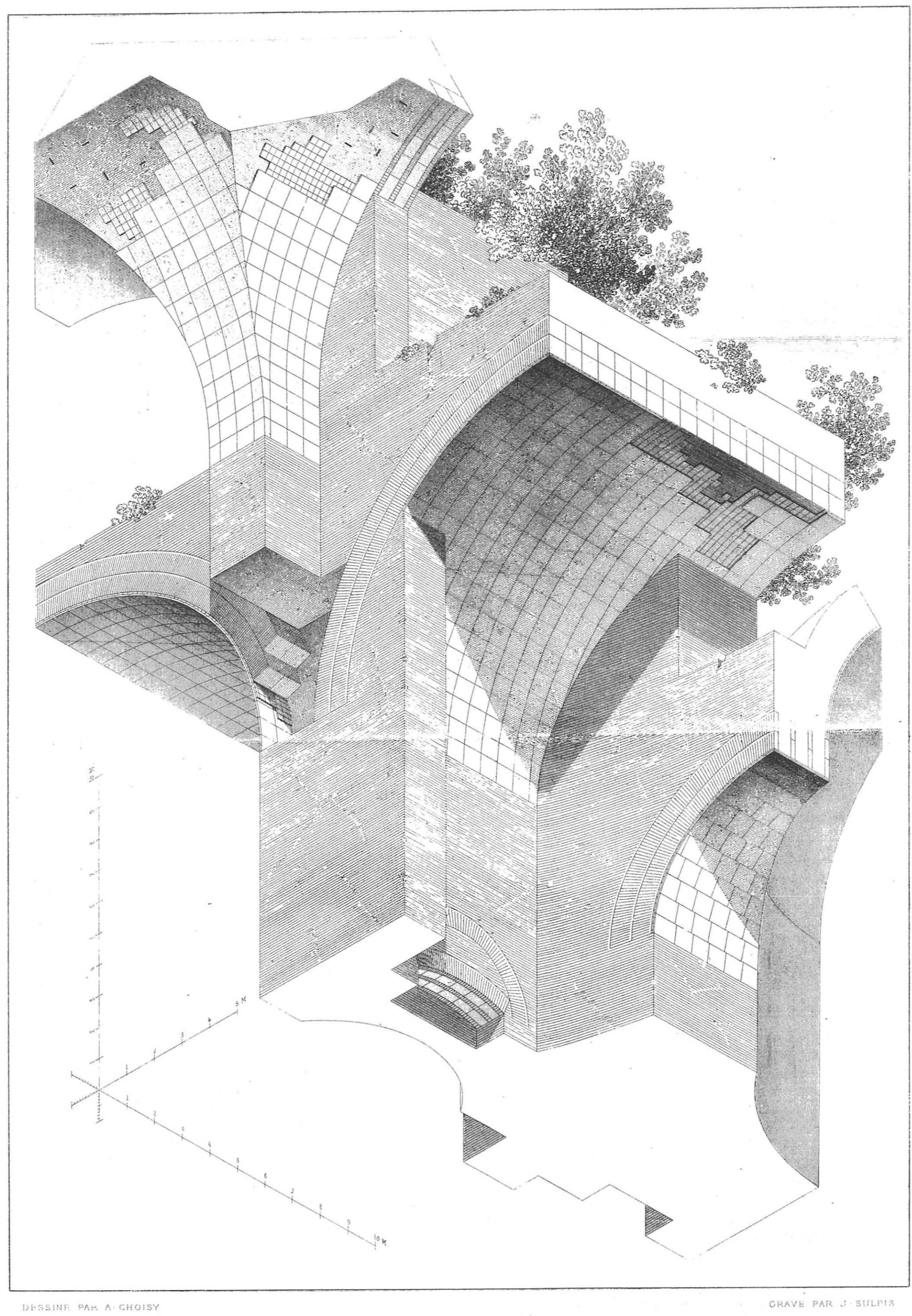
DESSINE PAR A. CHOISY

GRAVE PAR P. LAMY

1 CIRQUE DE MAXENCE — 2 THERMES DE CARACALLA
3 VOIE APPIENNE — 4 SETTE SALE

Lámina V

Termas de Caracalla, Roma



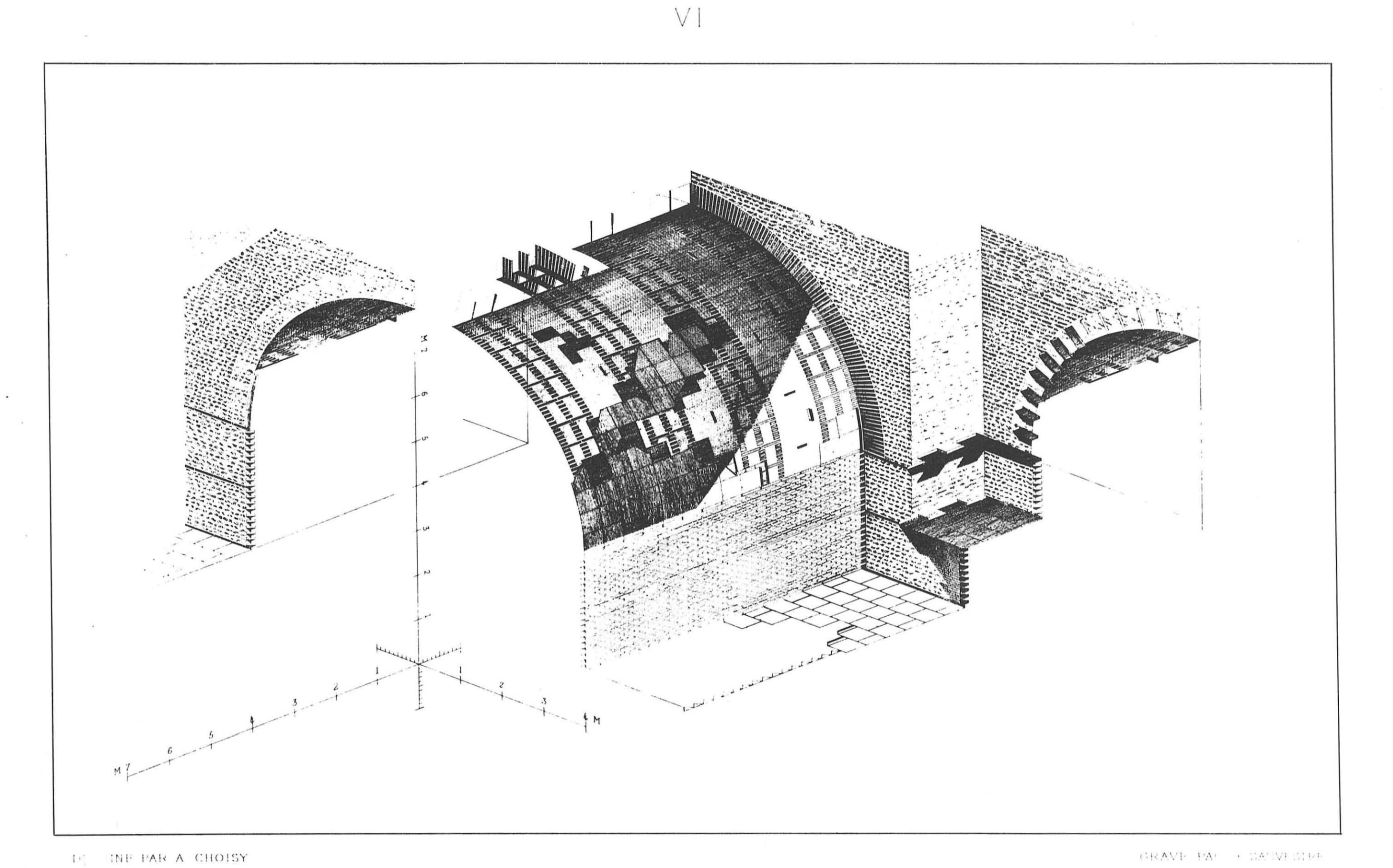
DESSINÉ PAR A·CHOISY

GRAVÉ PAR J·SULPIS

THERMES DE CARACALLA

Lámina VI

El Palatino, Roma

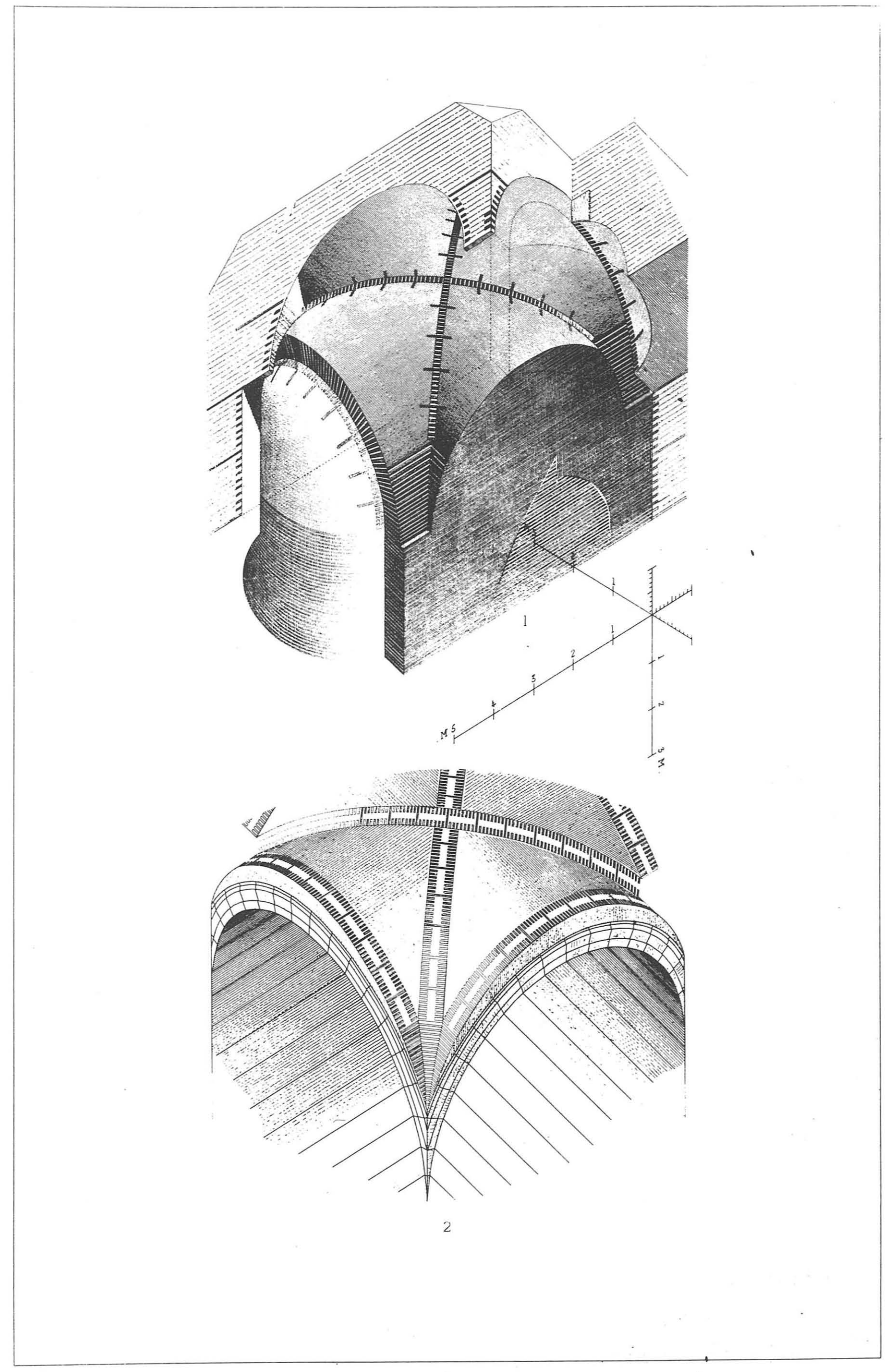


INÉ PAR A. CHOISY — GRAVÉ PAR [illegible]

PALATIN

Lámina VII

1. El Palatino, Roma
2. Arco de Jano Cuadrifronte, Roma

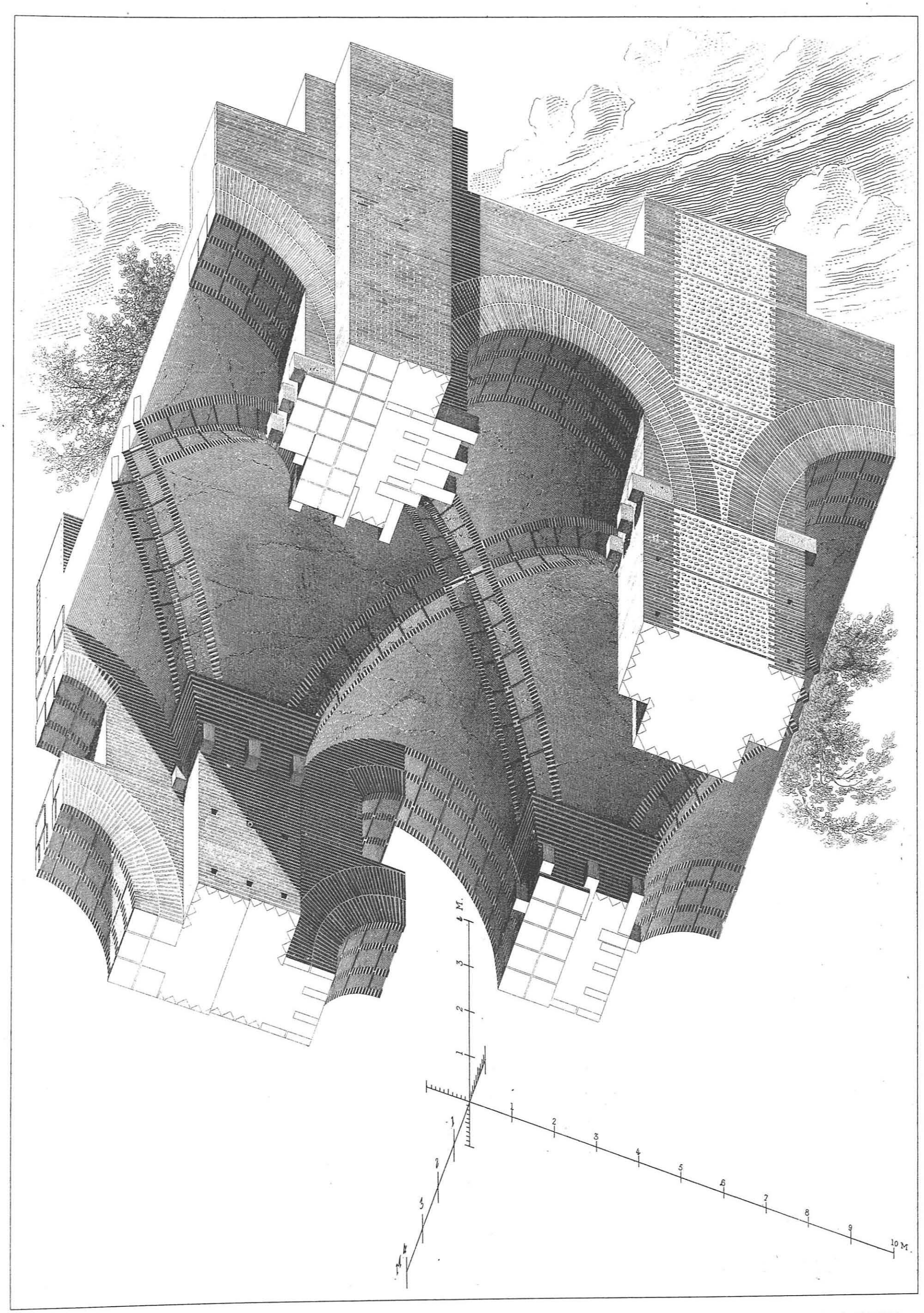


DESSINÉ PAR A. CHOISY — GRAVÉ PAR R. DIGEON

1 PALATIN — 2 JANUS QUADRIFRONS

Lámina VIII

El Palatino, Roma



DESSINÉ PAR A · CHOISY

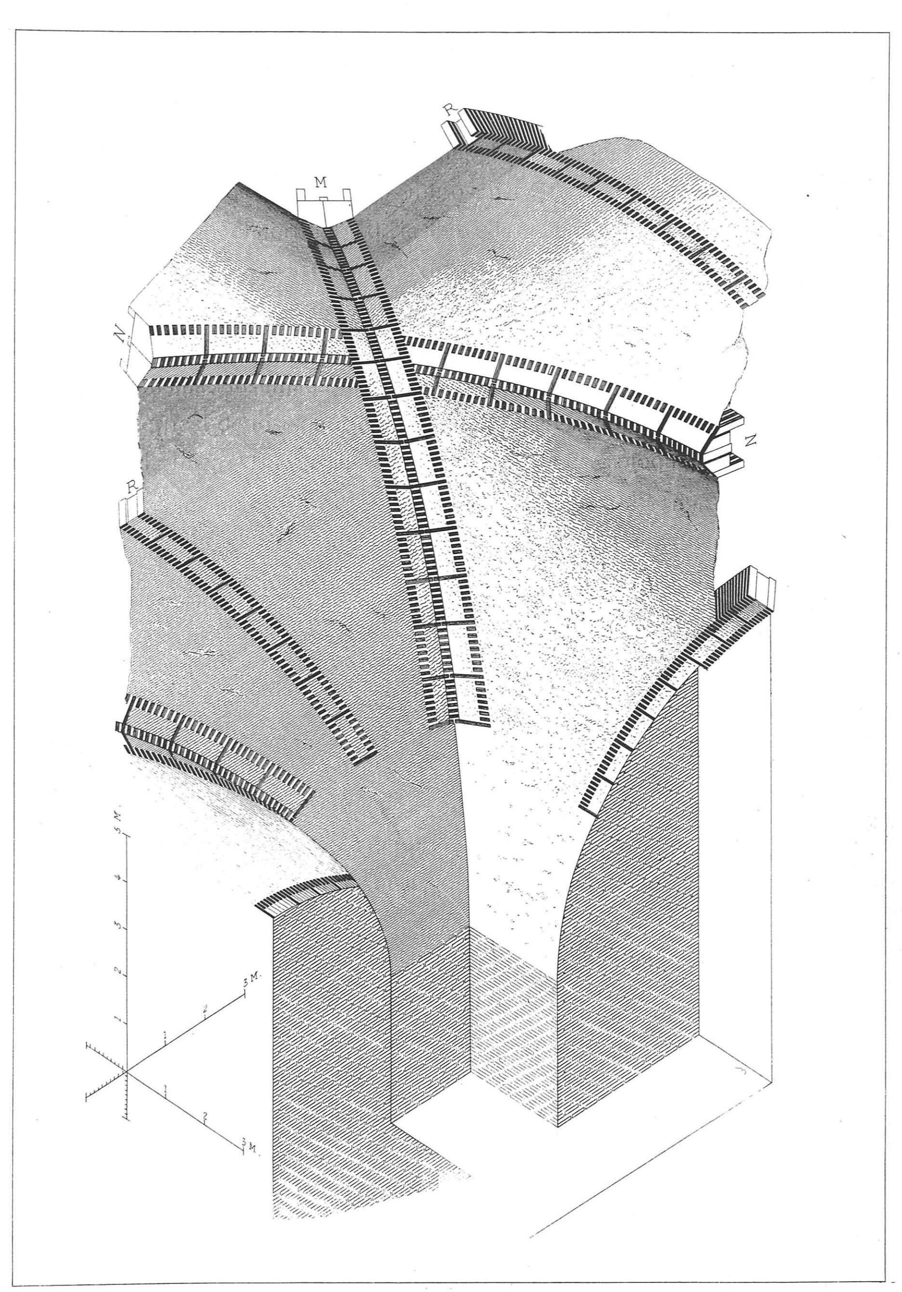
GRAVÉ PAR J · BURY

PALATIN

Lámina IX

Termas de Diocleciano, Roma

IX



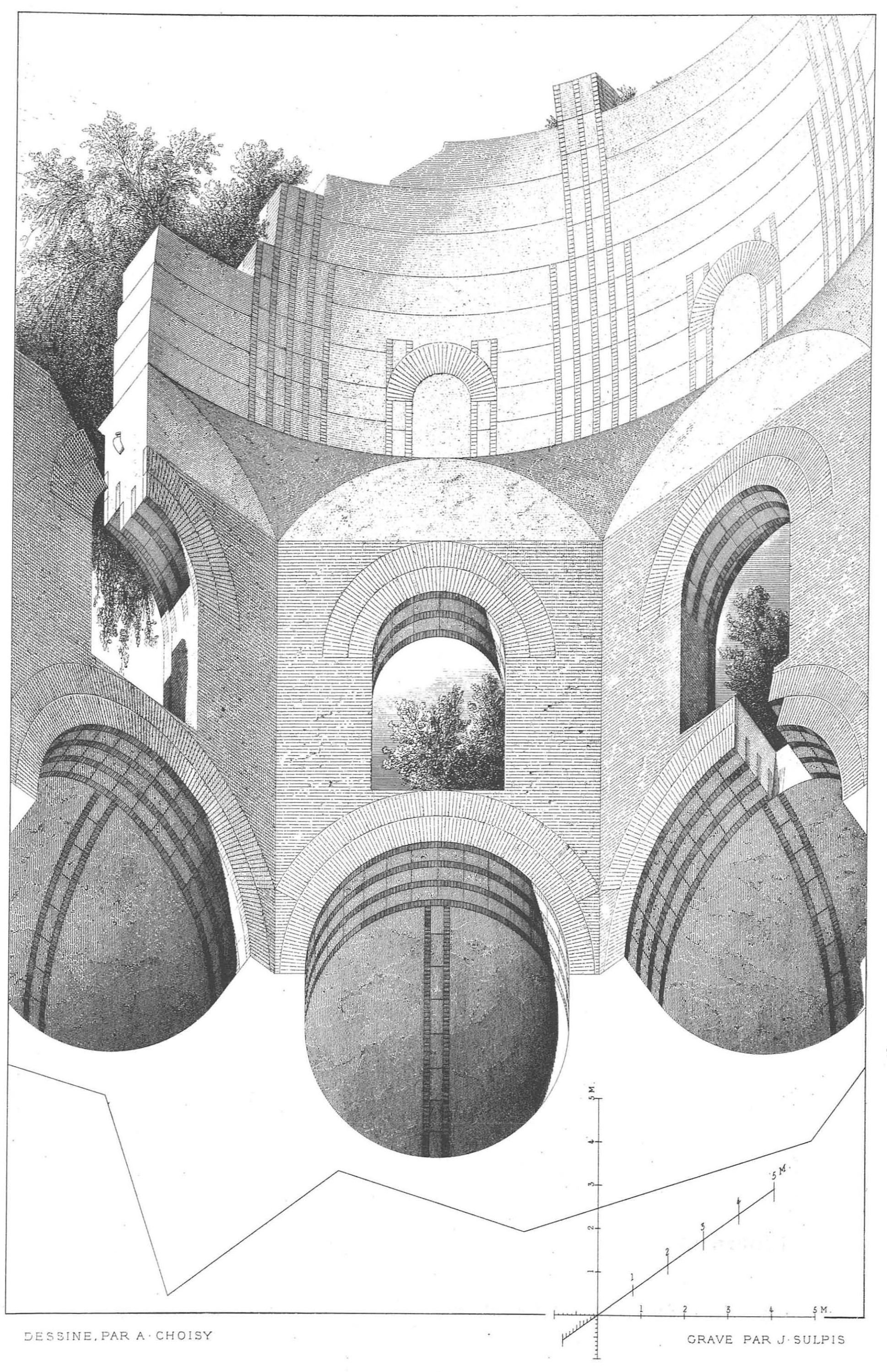
DESSINE PAR A. CHOISY

GRAVE PAR L. BESSY

THERMES DE DIOCLETIEN

Lámina XI

Templo de Minerva Médica, Roma



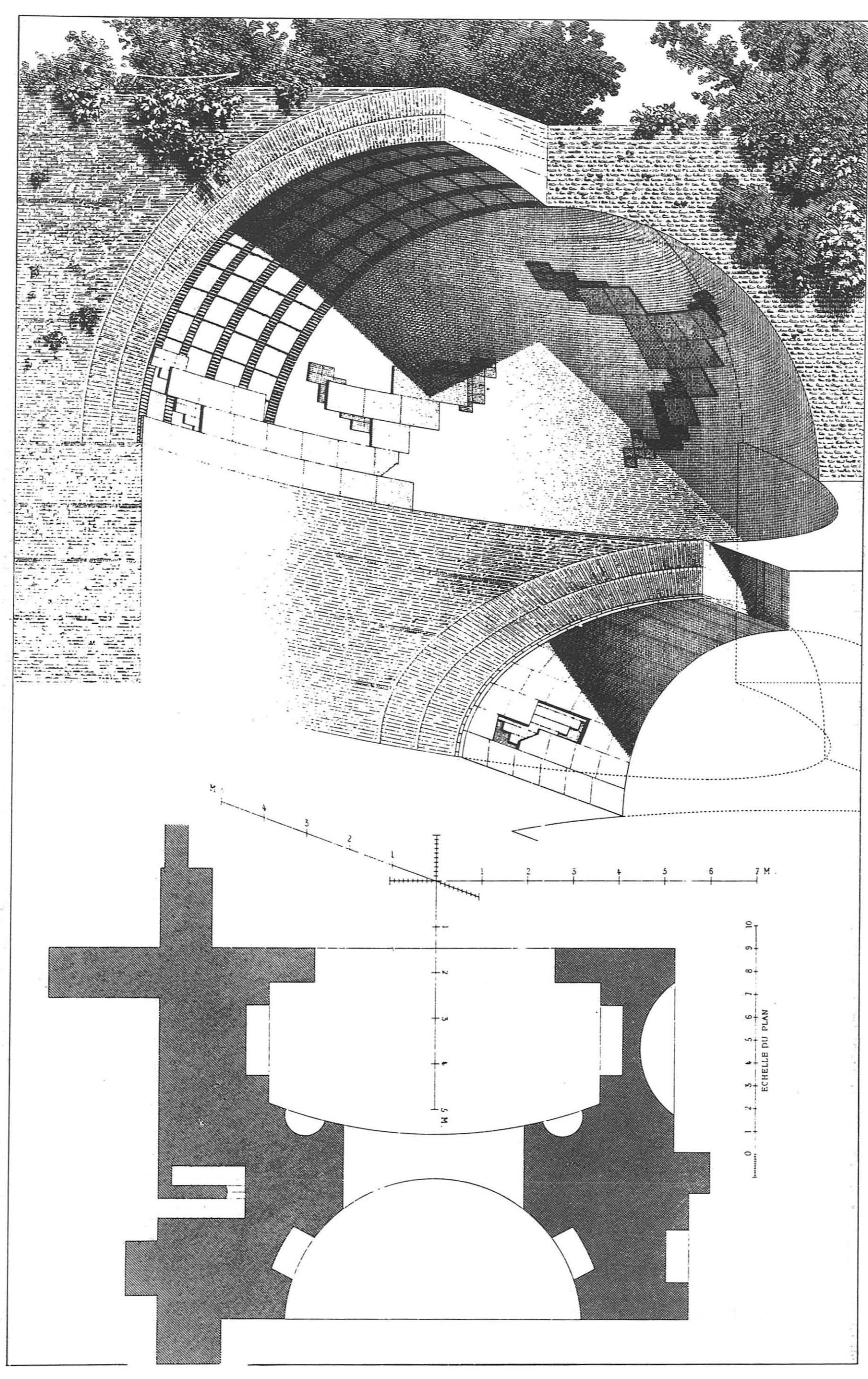
DESSINE. PAR A. CHOISY

GRAVE PAR J. SULPIS

MINERVA MEDICA

Lámina XII

Termas de Caracalla, Roma



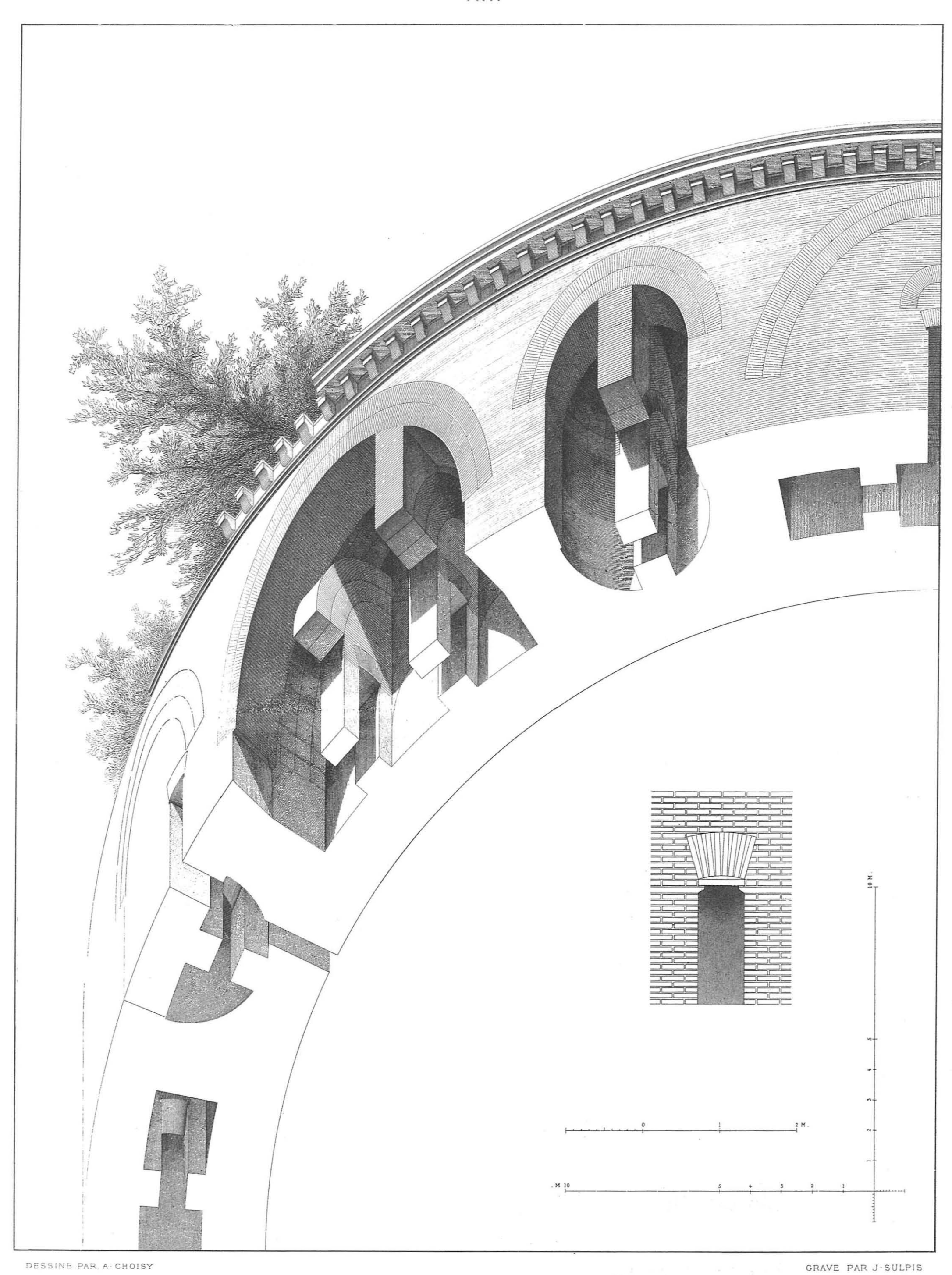
DESSINE PAR A. CHOISY

GRAVE PAR A. CHAPPUIS

THERMES DE CARACALLA

Lámina XIII

El Panteón, Roma



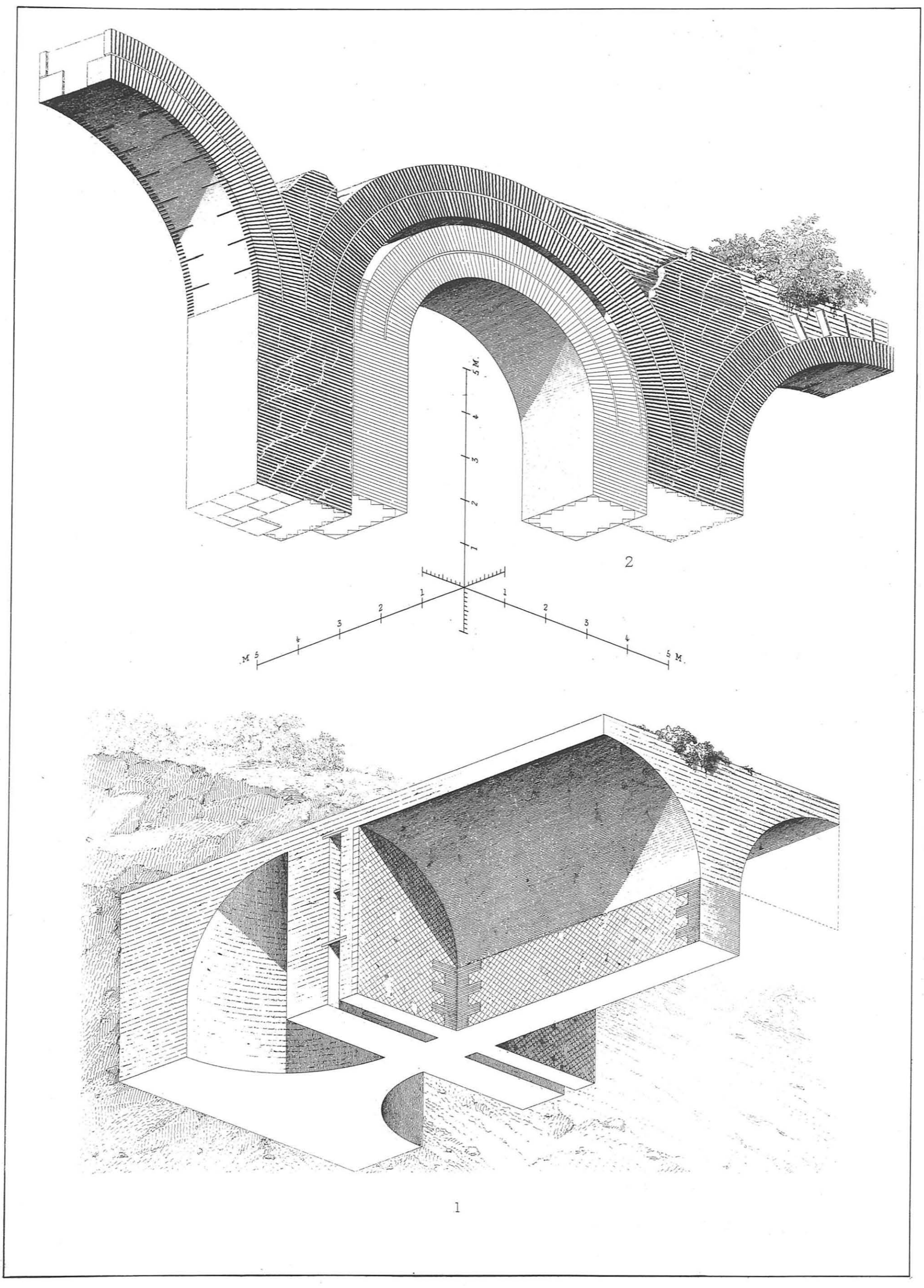
DESSINÉ PAR A. CHOISY

GRAVÉ PAR J. SULPIS

PANTHEON D'AGRIPPA

Lámina XIV

1. Villa Adriana, Tívoli
2. Acueducto próximo a San Juan de Letrán, Roma



DESSINE PAR A. CHOISY

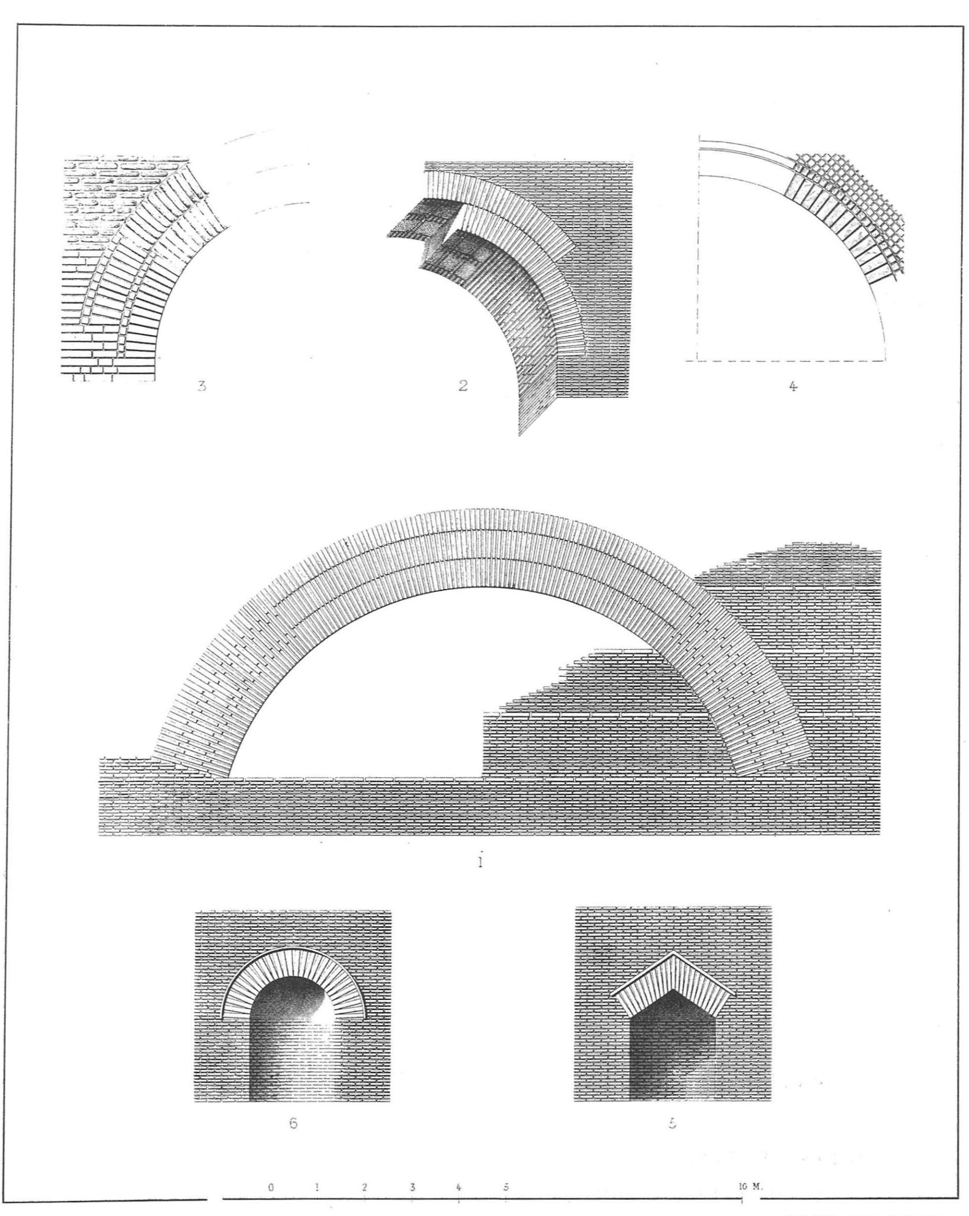
GRAVE PAR A. BORDET

1 VILLA HADRIANA

2 AQUEDUC PRES St-JEAN DE LATRAN

Lámina XV

1. El Panteón, Roma
2. Puerto de Ripa Grande
3. Templo de Jano, Autun
4. Mausoleo de Augusto, Roma
5, 6. Teatro en Taormina

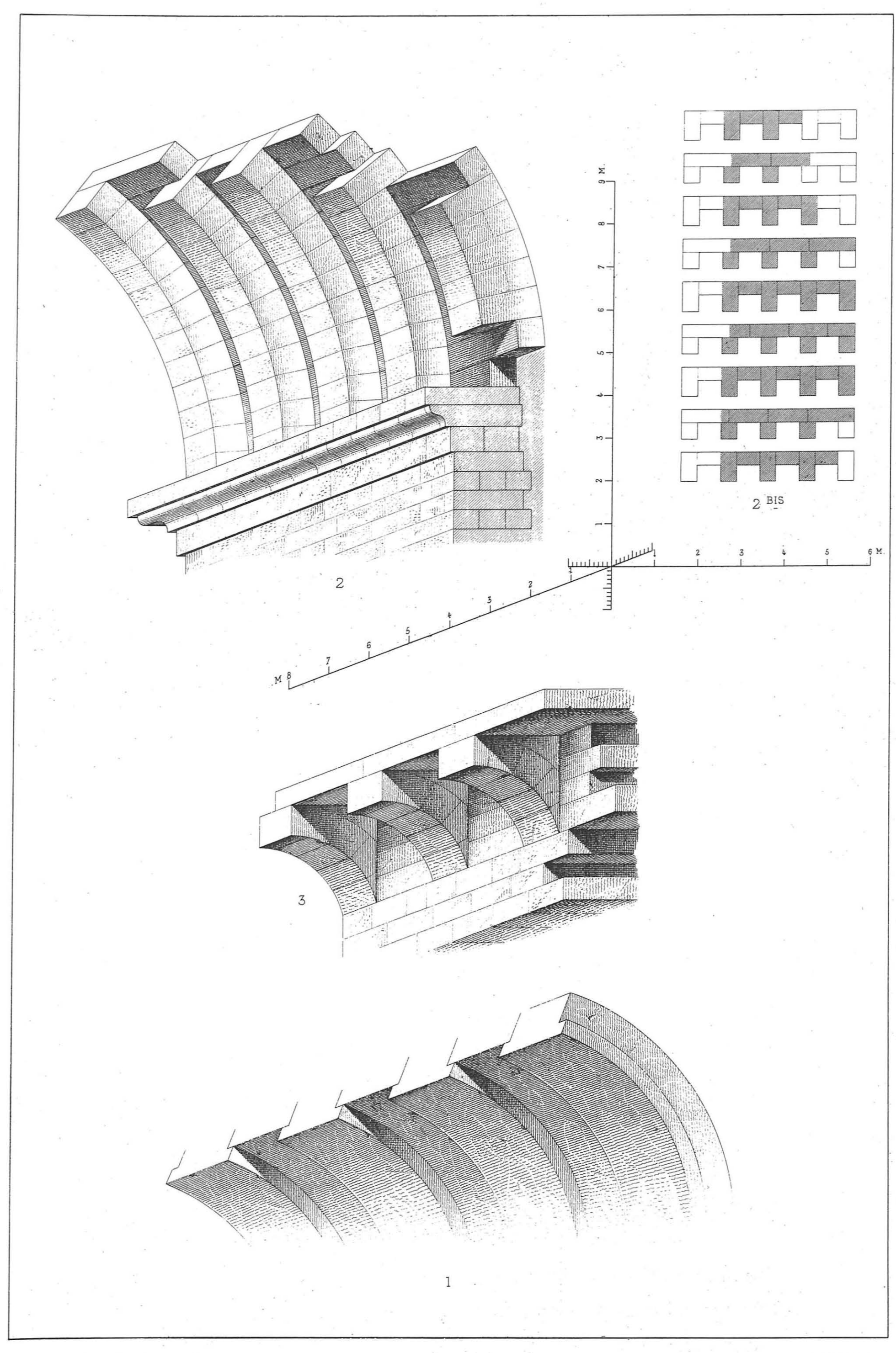


DESSINE PAR A. CHOISY — GRAVE PAR DULOS

1 PANTHEON — 5-6 TAORMINE

Lámina XVI

1. Templo de Diana, Nimes
2. Puente sobre el río Nera, Narni
3. Arena de Arlés



DESSINÉ PAR A. CHOISY

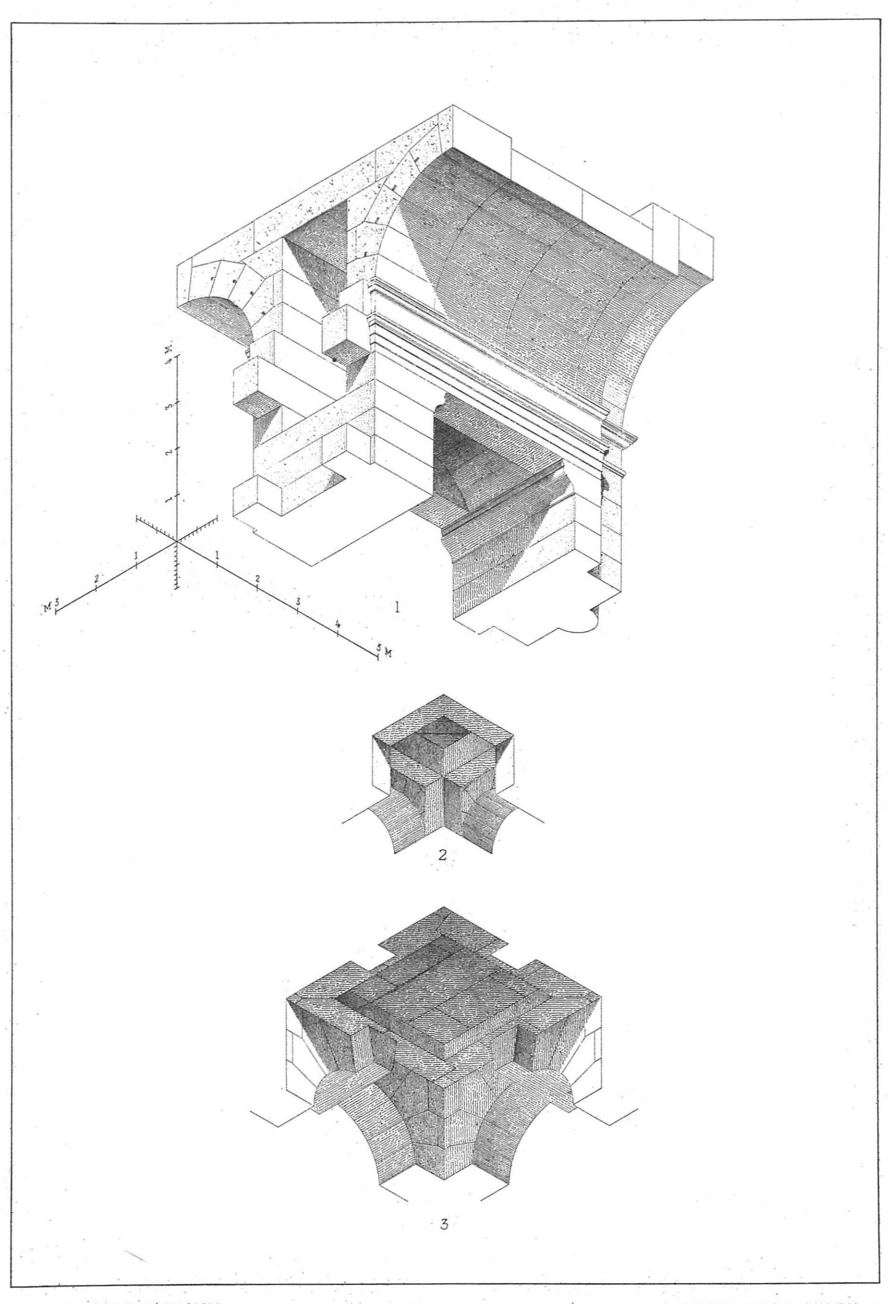
GRAVÉ PAR A. BORDET

1 BAINS DE DIANE A NIMES — 2 & 2 BIS PONT DE NARNI

3 ARÈNES D'ARLES

Lámina XVII

1. Arena de Arlés
2. Mausoleo en Saint-Rémy
3. Monumento de la Plataforma del Aiguilhe, Vienne



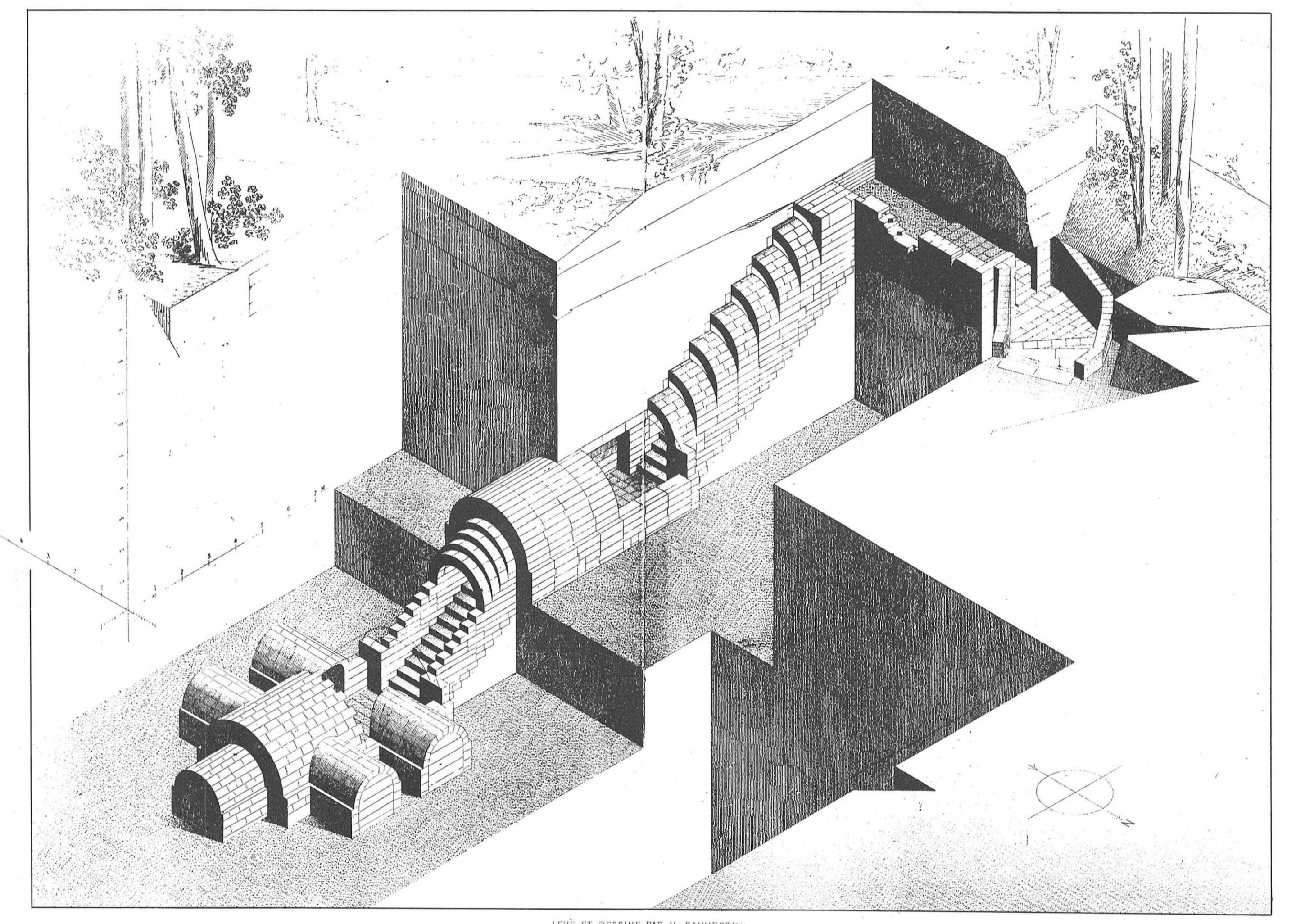
DESSINÉ PAR A. CHOISY

GRAVÉ PAR J. SULPIS

1 ARLES — 2 S^T REMY — 3 VIENNE

Lámina XVIII

Hipogeo en el bosque de Retz, Aisne

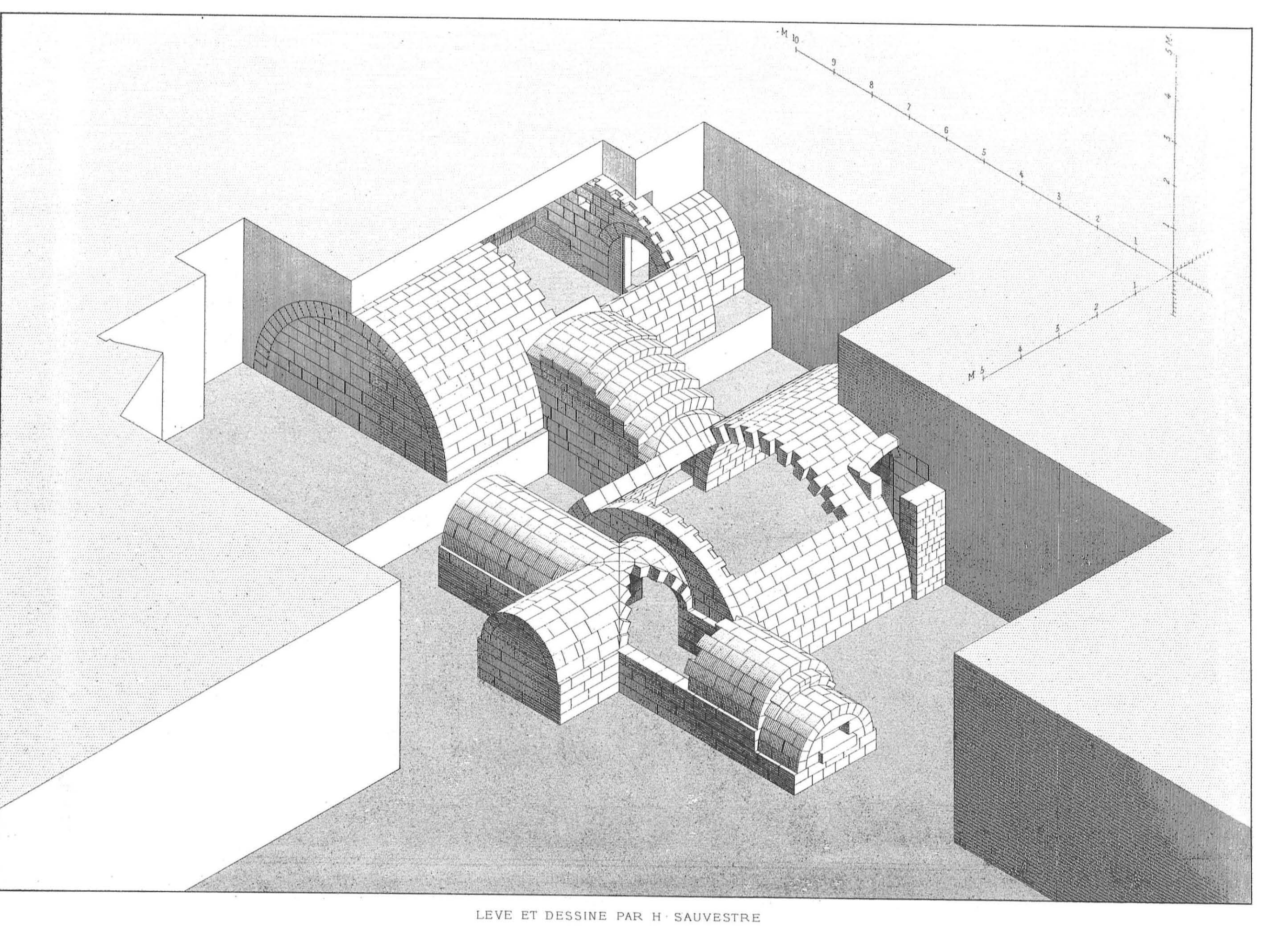


LEVÉ ET DESSINÉ PAR H. SAUVESTRE

FORET DE RETZ

Lámina XIX

Hipogeo en Vivières, Aisne

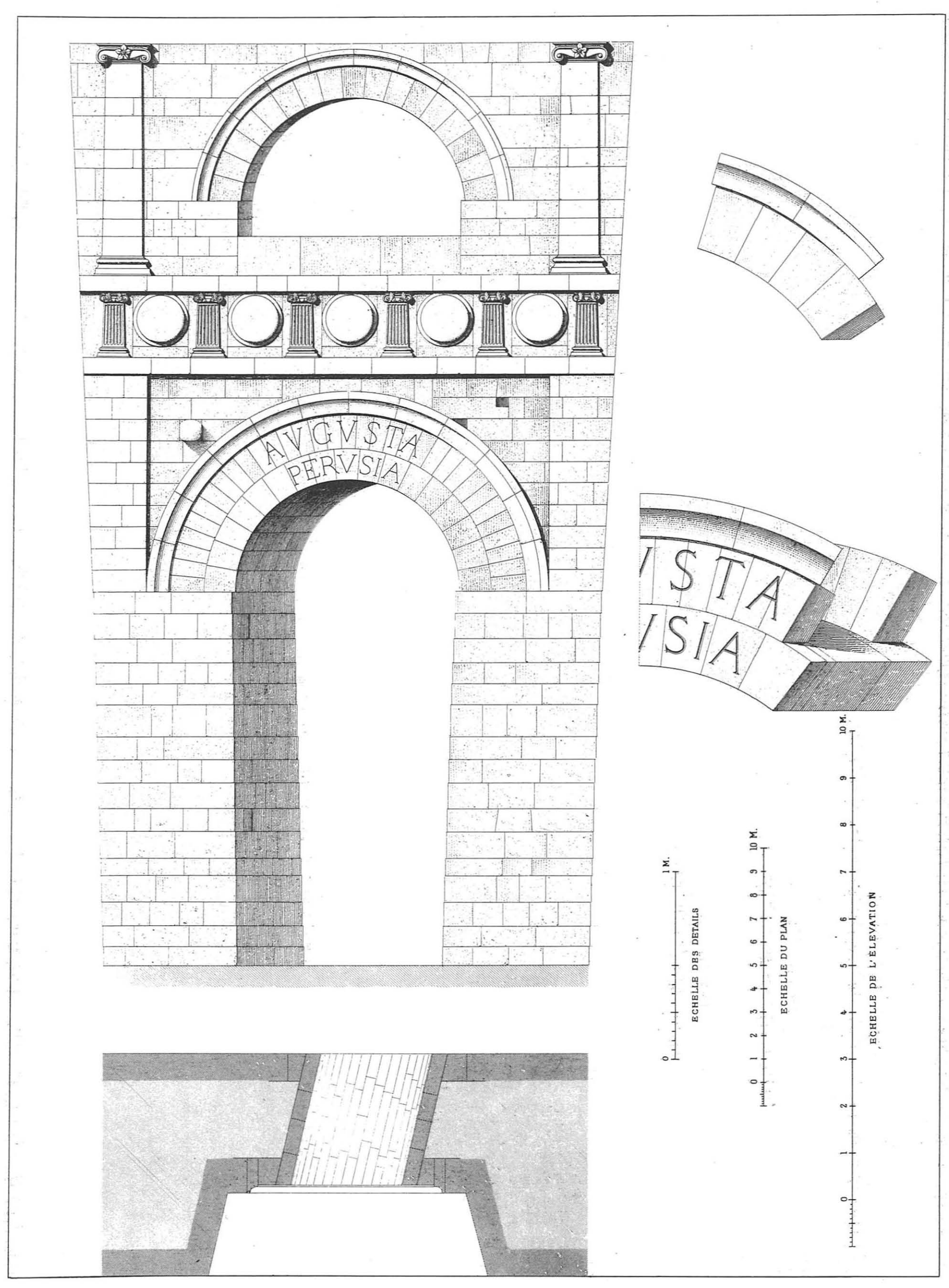


LEVE ET DESSINE PAR H · SAUVESTRE

VIVIERES

Lámina XX

Arco en Perugia



DESSINE PAR A·CHOISY

GRAVE PAR J·SULPIS

PEROUSE

Lámina XXI

Puente sobre el río Nera, Narni

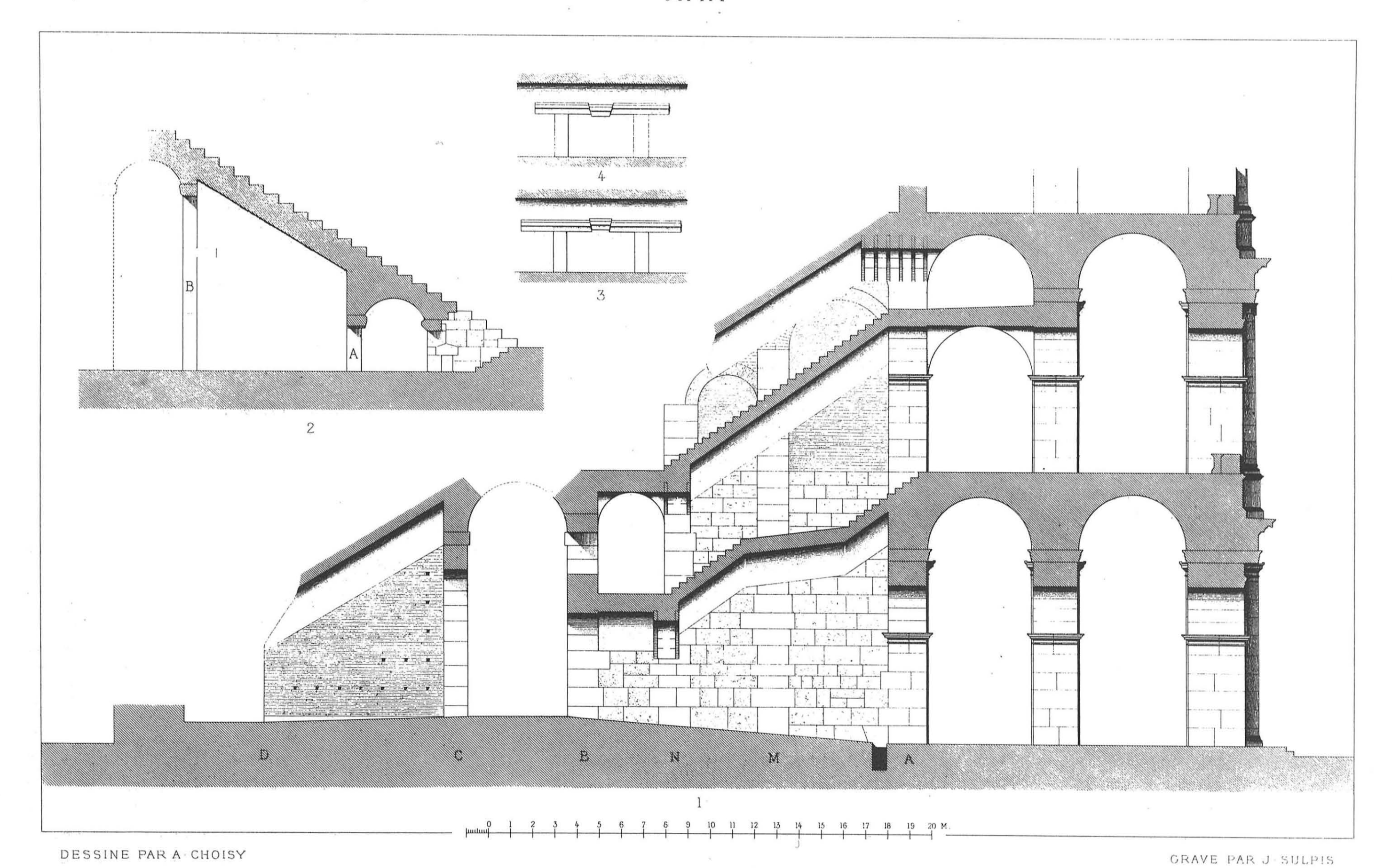
DESSINE PAR A·CHOISY

GRAVE PAR E·PEROT

NARNI

Lámina XXII

1. El Coliseo, Roma
2, 3, 4. Anfiteatro de Verona



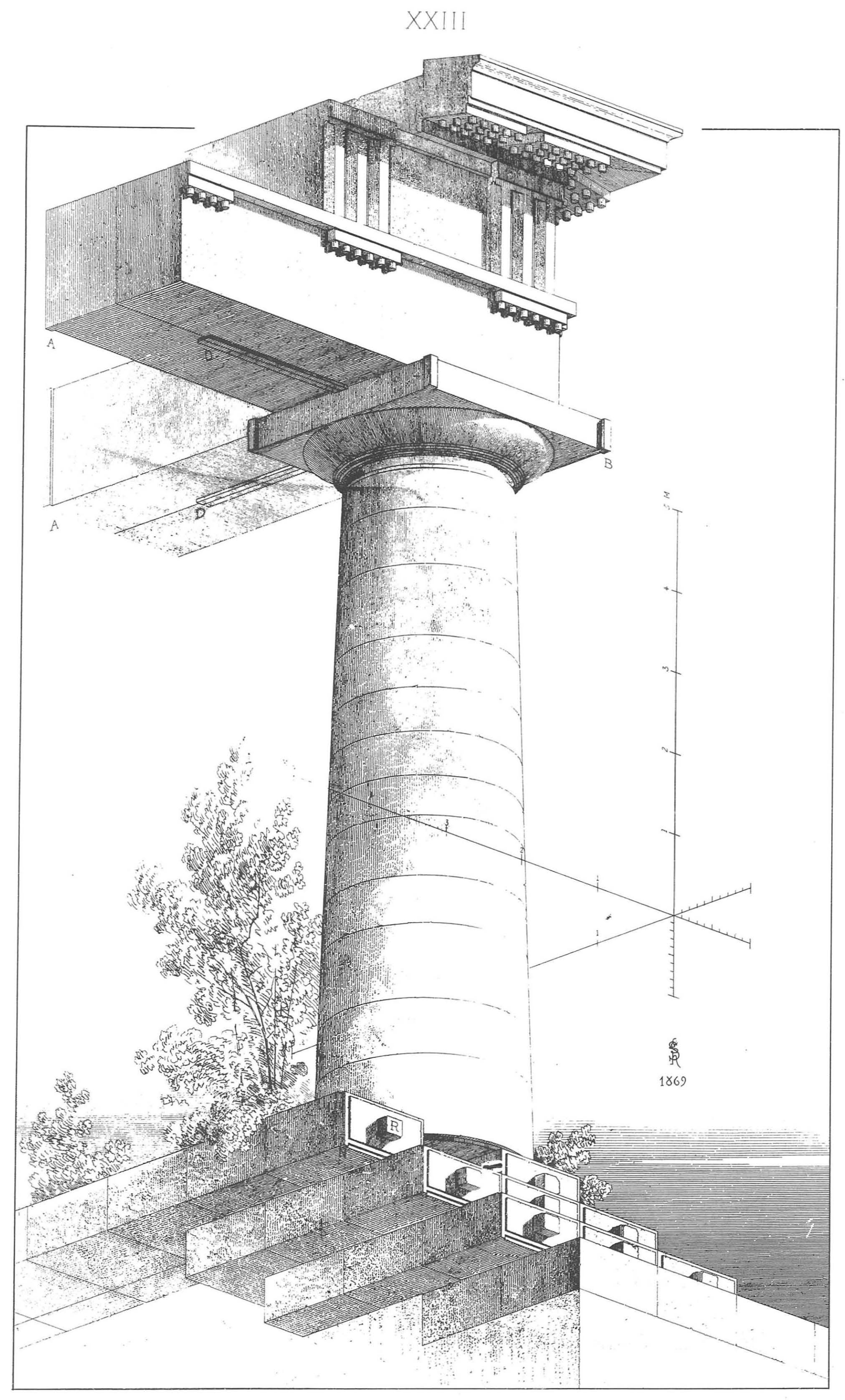
DESSINE PAR A. CHOISY

GRAVE PAR J. SULPIS

1 COLISEE — 2_3_4 ARENES DE VERONE

Lámina XXIII

Templo en Segesta



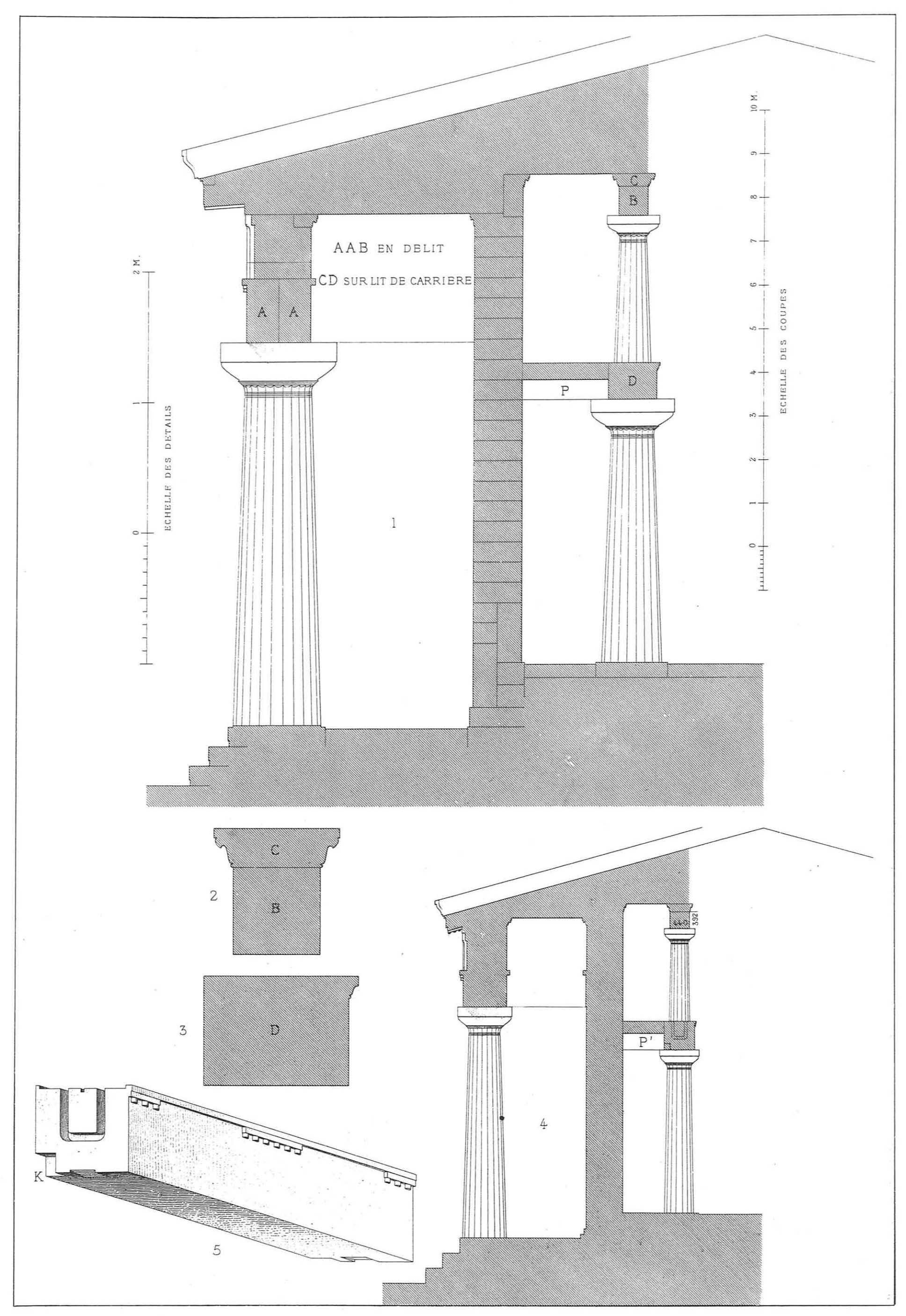
GRAVE PAR H. SAUVESTRE

SEGESTE

Lámina XXIV

1, 2, 3. Gran templo de Paestum

4, 5. Templo de Egina



DESSINE PAR A. CHOISY

GRAVE PAR J. BORDET

1_2_3 PAESTUM___4_5 EGINE

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO JUAN DE HERRERA

TEXTOS SOBRE TEORÍA E HISTORIA DE LAS CONSTRUCCIONES

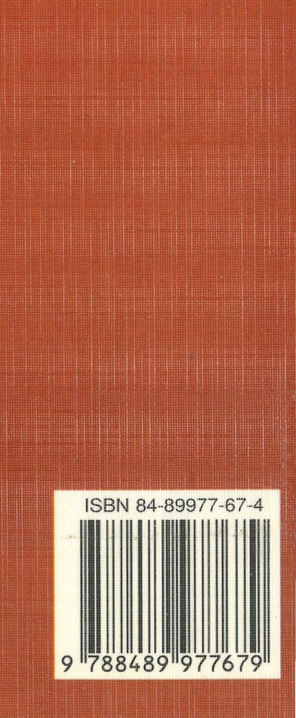
A. Casas S. Huerta y E. Rabasa (eds.) *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción.*
F. Bores, J. Fernández, S. Huerta y E. Rabasa (eds.) *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción.*
A. Choisy. *El arte de construir en Roma.*
A. Choisy. *El arte de construir en Bizancio.*
J. Heyman. *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica.*
J. Heyman. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica.*
S. Huerta. *Arcos, bóvedas y cúpulas.* (en preparación)
J. R. Perronet. *La construcción de puentes en el siglo XVIII.* (en preparación)
H. Straub. *Historia de la ingeniería de la construcción.* (en preparación)
E. Viollet-le-Duc. *La construcción medieval.*

TEXTOS SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA

T. Anasagasti. *La enseñanza de la arquitectura*
F. Cassinello. *Construcción: hormigonería*
J. García-Gutiérrez Mosteiro (ed.). *Cuaderno de apuntes de construcción de Luis Moya.*

MONOGRAFÍAS

A. Ruiz de Arcaute. *Juan de Herrera, arquitecto de Felipe II.*
F. Chueca Goitia. *La catedral de Valladolid.*
M. Seguí (ed.). *Félix Candela, arquitecto.*


ISBN 84-89977-67-4
9 788489 977679